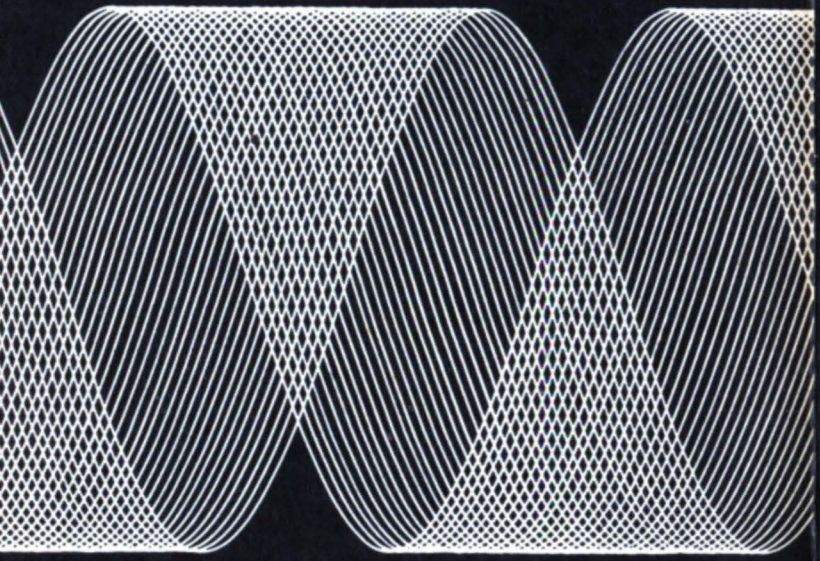
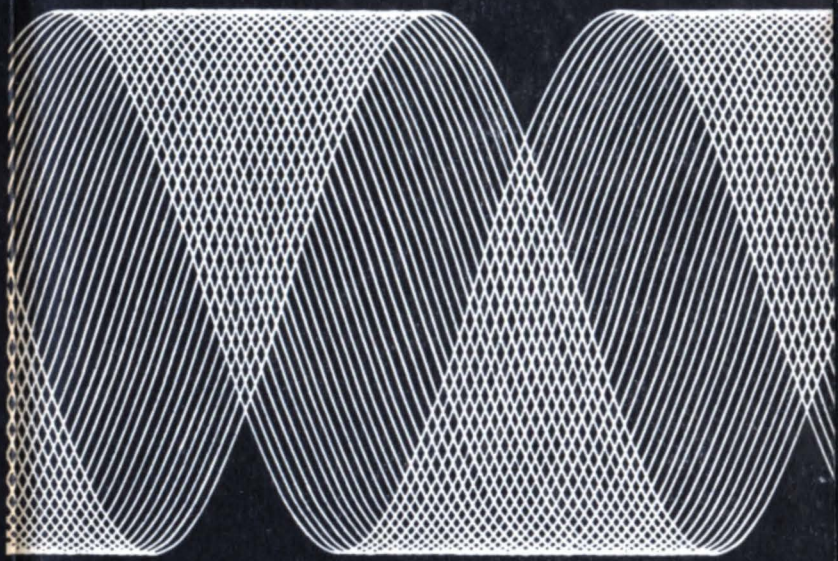
amateurreihe

electronica





153

Amateurfunkprüfung in Frage und Antwort

LEER

electronica · Band 153
AUTORENKOLLEKTIV

Amateurfunkprüfung in Frage und Antwort

MILITÄRVERLAG
DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN
REPUBLIK

3., völlig überarbeitete Auflage, 21.—35. Tausend
© Militärverlag der Deutschen Demokratischen Republik (VEB) — Berlin, 1977
Cheflektorat Militärliteratur
Lizenz-Nr. 5 · LSV: 3539
Lektor: Wolfgang Stammler
Zeichnungen: Marion Schilling
Typografie: Peter Mauksch · Hersteller: Michael Haase
Vorauskorrektor: Ilse Fähndrich · Korrektor: Marianne Fränzel
Printed in the German Democratic Republic
Gesamtherstellung: Druckerei Märkische Volksstimme Potsdam
Redaktionsschluß: 15. Dezember 1976
Bestellnummer: 745 903 8
DDR 1,90 M

Inhaltsverzeichnis

Einleitung 4

1. Rechtsvorschriften und andere Bestimmungen
   (M. Schrieber, BDP Halle/S.) 7
2. Funkbetriebsdienst
   (M. Schrieber, BDP Halle/S.) 20
3. Grundlagen der Elektrotechnik
   (H. Weber, DM 2 AVI) 26
4. Elektronik — Bauelemente und ihre Schaltungstechnik
   (H. Brauer, DM 2 APM) 44
5. Ausbreitung elektromagnetischer Wellen
   (W. Müller, DM 2 ACM) 63
6. Kurzwellen-Gerätetechnik
   (H. Brauer, DM 2 APM) 70
7. UKW- und Dezitechnik
   (W. Müller, DM 2 ACM) 115
8. Antennen
   (W. Müller, DM 2 ACM) 118
9. Meßtechnik
   (M. Schrieber, BDP Halle/S.) 128

Literaturhinweise 134

Einleitung

Die Amateurfunkausbildung, die neben Vorträgen und Konsultationen in den Radioklubs und an den Ausbildungs-Klubstationen in starkem Maße ein diszipliniertes Selbststudium verlangt, bedarf einer geeigneten, auf die gesetzlich festgelegten Prüfungsgebiete zugeschnittenen Aufgabensammlung, die hiermit in der dritten, völlig überarbeiteten Auflage vorgelegt wird. Sie soll dem angehenden Funkamateur einen Überblick über den Umfang und das Niveau der zu studierenden Wissensgebiete geben und ihm die Möglichkeit bieten, seine erworbenen Kenntnisse selbständig zu überprüfen.

Die Antworten zu den gestellten Fragen mußten kurz und prägnant gehalten werden, um den Rahmen des Heftes nicht zu sprengen. Sie können dem Leser nur dazu dienen, sein Wissen zu kontrollieren, so daß er gut vorbereitet in die Prüfung gehen kann. Der Inhalt des Bandes umfaßt den gesamten Wissensstoff, über den ein perfekter Funkamateur verfügen muß. Es sei aber ausdrücklich gesagt, daß die Broschüre kein Lehrbuch sein will und bei seinem geringen Umfang auch gar nicht sein kann.

Die Erarbeitung des Stoffes muß an Hand geeigneter Lehrbücher der Funktechnik und der zahlreich vorhandenen speziellen Titel der Amateurfunkliteratur erfolgen. Nach dem Studium der einzelnen Abschnitte der Fachbücher, für deren Reihenfolge und Auswahl die Systematik der vorliegenden Broschüre gute Dienste leisten kann, wird der angehende Amateur die Fragen beantworten und durch Vergleich mit den gegebenen Antworten feststellen, ob er über ausreichende Kenntnisse verfügt.

Von besonderer Bedeutung ist ein eingehendes Studium der Rechtsvorschriften (Gesetz über das Post- und Fernmeldewesen und der Amateurfunkordnung). Genaue Kenntnis des Inhalts dieser Dokumente ist die Voraussetzung für das Bestehen der Amateurfunkprüfung.

Die Prüfung gliedert sich in vier Gebiete:

1. Rechtsvorschriften und andere Bestimmungen,
2. Funkbetriebsdienst,
3. Funktechnik,
4. Nachweis über Fertigkeiten im Aufbau und Schalten von Funkgeräten sowie Kenntnisse über Meßverfahren.

Die Prüfungsgebiete 1 und 2 werden in den Abschnitten 1. und 2. behandelt. Das Prüfungsgebiet 3 ist wegen der besseren Übersichtlichkeit und Systematik in die Abschnitte 4. bis 8. unterteilt. Abschnitt 3. ist kein eigentliches Prüfungsgebiet im Sinne der gesetzlichen Festlegungen; seine Einbeziehung in das Frage-und-Antwort-Spiel wurde jedoch als notwendig erachtet, da die dort beschriebenen elektrotechnischen Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten die Grundlage für das Verständnis des Inhalts der technisch orientierten Abschnitte bilden.

Es werden zwei Arten von Genehmigungen erteilt; und zwar Genehmigungsklasse 1, die zum Errichten und Betreiben einer eigenen Station berechtigt und Genehmigungsklasse 2 für Amateure ohne eigene Station (Mitbenutzer).

Die Prüfungsanforderungen für Klasse 2 sind geringer. Es entfällt der gesamte Abschnitt 9., ebenso die Fragen, die sich auf die praktische Schaltungstechnik und den Aufbau von HF-Baugruppen beziehen. Diese Fragen sind durch einen Stern gekennzeichnet. Die Qualifizierung zum Funkamateur baut sich organisch auf dem Ausbildungsprogramm im Nachrichtensport der Gesellschaft für Sport und Technik auf. Die Vorbereitung auf die Prüfung zur Amateurfunkgenehmigung erfolgt in den Radioklubs und an den Ausbildungs-Klubstationen. Die Hauptmethoden der Ausbildung sind die aktive Mitarbeit in den Ausbildungsgruppen und an der Klubstation sowie das Selbststudium, das durch Vorträge und Konsultationen unterstützt und ergänzt wird.

Da es kaum möglich ist, den Inhalt des Titels „Amateurfunkprüfung in Frage und Antwort" den ständig zu erwartenden technischen Entwicklungen und den möglichen gesetzlichen Änderungen synchron anzupassen, erwächst dem Benutzer der Broschüre die Aufgabe, sich nicht allein mit den gegebenen

Antworten zu begnügen, sondern vor allem in der Gesetzes- und Funkbetriebskunde die gültigen Dokumente zu Hilfe zu nehmen.

Möge die Broschüre ebenso wie ihre Vorgänger allen angehenden Funkamateuren, den Ausbildungsleitern und den Radioklubs ein Helfer in ihrer Arbeit sein und zur Verbesserung der Ausbildungsergebnisse beitragen.

Berlin, den 15. 7. 1977 *Verfasser und Verlag*

1. Rechtsvorschriften und andere Bestimmungen

1.1. Durch welche gesetzlichen Bestimmungen werden Zulassung zum Amateurfunk und Abwicklung des Amateurfunkverkehrs in der DDR geregelt?

Grundsätze für Genehmigung sowie Errichten und Betreiben von Fernmeldeanlagen enthält das Gesetz über das Post- und Fernmeldewesen (PFG — 1).

Spezielle Regelungen für den Amateurfunk enthält die Anordnung über den Amateurfunkdienst — Amateurfunkordnung (AFuO) — 2).

1) Zur Zeit gilt die Ausgabe vom 3. 4. 1959.

2) Gültig ist z. Z. die Ausgabe vom 1. 8. 1977

1.2. Durch welche Organisationsanweisung der GST wird die Bearbeitung von Anträgen auf Teilnahme am Amateurfunk und die Zulassung zur Eignungsprüfung geregelt?

Die nach § 4 Amateurfunkordnung geforderten Anträge und die Zulassung zur Eignungsprüfung werden innerhalb der GST nach der Amateurfunk-Antragsordnung bearbeitet (z. Z. gilt die Fassung vom 1. 9. 1970).

1.3. Welches sind die Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung?

— GST-Mitgliedschaft;
— Erfüllen der Mindestleistungen (siehe Frage 1.4.);
— regelmäßige Teilnahme an der Ausbildung, Nachweis der erworbenen Qualifikation (Leistungsnachweis Nachrichtensport);
— Vorlage des Personalbogens, des Antrags auf Amateurfunkgenehmigung und der erforderlichen Stellungnahmen.

Der Antragsteller ist verantwortlich für
— das vollständige Ausfüllen der Formblätter,
— das Einholen der Beurteilungen und Stellungnahmen (Grundorganisation der Gesellschaft für Sport und Tech-

nik — GST, Kaderabteilung der Arbeitsstelle, Kreisvorstand der GST),
— Abgabe des Antrags an den Bezirksvorstand der GST.

1.4. Welche Mindestleistungen müssen Bewerber für eine Amateurfunkgenehmigung nachweisen?

Bewerber müssen im Besitz eines gültigen Hörerdiploms (DM-EA, DM-SWL, DM-VHFL) sein und folgende Qualifikationen nachweisen:

DM-EA und DM-SWL

— Diplom RADM IV;
— Teilnahme an einem Contest des Radioklubs der DDR (Plazierung in der ersten Hälfte der DDR-Teilnehmer);
— 250 geloggte Stationen (100 aus sozialistischen Ländern).

DM-VHFL

— Diplom DM-QRA-II;
— Teilnahme an einem Contest des Radioklubs der DDR (Plazierung in der ersten Hälfte der DDR-Teilnehmer);
— 50 geloggte Stationen (20 aus sozialistischen Ländern).

1.5. Welche Arten von Genehmigungen werden erteilt?

1. Genehmigungsklasse 1 (zum Errichten und Betreiben einer eigenen Station);
2. Genehmigungsklasse 2 (für Amateure ohne eigene Station, sogenannte Mitbenutzer).

Jede Genehmigungsklasse kann in zwei Stufen erworben werden. Stufe A enthält die Berechtigung zum Arbeiten in allen Amateurfunkbereichen; Stufe B umfaßt die Berechtigung zum Arbeiten in den Bändern oberhalb 28 MHz.

1.6. Welche Prüfungsgebiete sind in der Amateurfunkordnung für die Eignungsprüfung vorgeschrieben?

In den Prüfungsbedingungen zur Amateurfunkordnung sind folgende Gebiete vorgeschrieben:

— Gesetzliche Bestimmungen und andere Rechtsvorschriften,
— Funkbetrieb,
— Funktechnik.

Für die Stufe A beider Genehmigungsklassen ist entweder

die Bedingung *Morsen* oder die Bedingung *Fernschreiben* zu erfüllen. Der Stufe B werden die Bedingungen *Morsen* bzw. *Fernschreiben* erlassen.

In der Genehmigungsklasse 2 entfallen in beiden Stufen die Teilgebiete

— Schalten und Aufbau von HF-Baugruppen,
— Technische Maßnahmen zum Vermeiden von Funkstörungen,
— Meßverfahren.

1.7. Welche Frequenzbereiche, Gleichstromeingangsleistungen und Sendearten dürfen im Amateurfunk benutzt werden?

Frequenzbereiche und zugelassene Gleichstromeingangsleistungen

3,5 bis 3,8	500 W	5650,0 bis 5670,0	100 W
7,0 bis 7,1		10000,0 bis 10000,0	
14,0 bis 14,35			
21,0 bis 21,45			
28,0 bis 29,7			
144,0 bis 146,0			
430,0 bis 440,0			

Nach der Anlage zur Amateurfunkordnung können benutzt werden Sendearten A 1, A 2, A 3, A 3a, A 3j, F 1 und F 3. Oberhalb 144 MHz darf außerdem die Sendeart F 2 verwendet werden. Auf besonderen Antrag können auch für die Frequenzbereiche oberhalb 430 MHz die Sendearten A 4j, A 5, A 5c und F 4 genehmigt werden. Der Antrag ist über die GST an das Ministerium für Post- und Fernmeldewesen einzureichen.

1.8. Welche zusätzlichen Bedingungen gelten für Amateurfunk-Peilanlagen?

Amateurfunk-Peilanlagen dürfen nur in den Frequenzbereichen

3500 ... 3800 kHz, in der Sendeart A 1 und
144 ... 146 MHz, in der Sendeart A 2

betrieben werden.

Die zulässige Gleichstromeingangsleistung der Sender darf 10 W nicht überschreiten.

Als Kennungen der Aussendungen sind ausschließlich MOE, MOI, MOS, MOH, MO5 und MOT zulässig.

1.9. Welche Bestimmungen gelten über die Benutzung von Relaisstellen?

Funkamateure sind zum Funkverkehr über terristische und kosmische Relais auf den in der Genehmigung zugeteilten Frequenzbereichen ermächtigt. Das gilt auch, wenn die Relaisstelle in andere, in der DDR zugelassene Amateurfunkbereiche umsetzt, für die der betreffende Funkamateur jedoch keine Genehmigung besitzt.

1.10. Wer ist verantwortlich für den technischen Zustand der Amateurfunkstelle?

Der Stationsinhaber oder Leiter der Amateurfunkstelle trägt die Verantwortung für das Einhalten der Genehmigungsbedingungen (siehe § 6 Amateurfunkordnung).
Unabhängig von der Freigabe der Amateurfunkstelle durch die Deutsche Post hat der Genehmigungsinhaber sicherzustellen, daß die Amateurfunkstelle den einschlägigen gesetzlichen Vorschriften, wie TGL, Arbeits- und Brandschutzanordnungen sowie Sicherheitsbestimmungen der GST entspricht. (Anlage zur Amateurfunkordnung).

1.11.* Welche technischen Bedingungen enthält die Anlage zur Amateurfunkordnung?

Sie enthält
- Frequenzbereiche des Amateurfunks in der DDR,
- Angaben über die zulässige Gleichstromeingangsleistung der Endstufen,
- Grenzwerte für Nebenaussendungen,
- Sendearten des Amateurfunks,
- zusätzliche technische Bedingungen (zum § 8 AFuO),
- Bedingungen für Amateurfunk-Peilanlagen.

1.12. Welches sind die zusätzlichen technischen Bedingungen?

- Bestimmungen über die Frequenzkontrolleinrichtung,

- Festlegung der Verbindlichkeit der einschlägigen Standards, ASAO und ABAO für die Amateurfunkstellen,
- Festlegungen über die Reduzierbarkeit der Gleichstromeingangsleistungen der Senderendstufe (bis auf 50 W).

1.13. Wann darf mit dem Bau eines Senders begonnen werden?

Die in der Genehmigungsurkunde bezeichneten Sendeanlagen dürfen erst hergestellt werden, nach dem die Genehmigungsurkunde dem Funkamateur vorliegt. Das gilt auch für die Ausführung von Änderungen, die die Genehmigungsbedingungen betreffen.

Ebenso sind der Erwerb und das Errichten sowie die Veräußerung von Sendeanlagen vom Vorliegen der Genehmigung abhängig.

1.14.* Welche Standards muß der Funkamateur bei der Herstellung der Geräte für seine Amateurfunkstelle (Station) beachten, welchen Inhalt haben sie?

TGL 200-0601 und TGL 200-0619 enthalten allgemeine Vorschriften über das Errichten und Betreiben elektrischer Anlagen bis 1000 V.

Für die Geräteherstellung haben u. a. die TGL 200-0602, TGL 200-0044, TGL 200-7045, TGL 20 885 und TGL 20 886 Bedeutung. Sie enthalten Bestimmungen über Schutzmaßnahmen und Funk-Entstörung sowie Sicherheitsvorschriften. Antennenanlagen sind unter Beachtung der TGL 200-7047 und TGL 200-7051 zu errichten. TGL 200-0603 enthält Vorschriften über die Erdung in elektrotechnischen Anlagen.

1.15. Nennen Sie die wichtigsten Sicherheitsbestimmungen für den Aufbau der Geräte und den Betrieb einer festen Amateurfunkstelle!

Betriebsmäßig unter Spannung stehende Teile sind so zu isolieren, abzudecken und/oder anzuordnen, daß sich Menschen — ohne Verwendung von Hilfsmitteln — und Nutztiere diesen Teilen nicht in gefahrbringender Weise nähern oder mit ihnen in Berührung kommen können. Die Geräte müssen so kon-

struiert und gefertigt sein, daß weder bei normalem noch bei gestörtem Betrieb Gefährdungen durch
- elektrischen Strom,
- zu hohe Temperaturen sowie durch Brand,
- Hochfrequenzfelder

entstehen.
Unter anderem ergeben sich hieraus folgende Einzelvorschriften:
- Die Geräte sind einer der Schutzklassen I, II bzw. III zuzuordnen.
- Gefahrenstellen sind nach TGL 200-0601/06 mit Blitzpfeil zu kennzeichnen; in Kollektivstationen sind Hauptschalter und Hauptsicherung zu bezeichnen, der Zugang zur Station darf während des Betriebs nicht verschlossen sein (Hilfeleistungen dürfen ggf. nicht verzögert werden).
- Von außen zugängliche Betätigungselemente müssen berührungssicher ausgebildet werden.

1.16. Nennen Sie die wichtigsten Sicherheitsbestimmungen für den Aufbau der Antennenanlage einschließlich Erdungsanlage!

Ziff. 3 der Anlage zur Amateurfunkordnung legt fest, daß Antennen-, Erdleitungs-, Stromversorgungs- und Empfangsanlagen nach gültigen TGL sowie Arbeits- und Brandschutzanordnungen (ASAO, ABAO) ausgeführt sein müssen. Maßgebend sind vor allem die TGL 200-0603 und TGL 200-0751/02. Geregelt sind hierin:
- Fragen der allgemeinen Sicherheit (z. B. Begehbarkeit des Daches),
- Vorschriften zur elektrischen Sicherheit (die Antennenanlage ist in die Gebäudeblitzschutzanlage einzubeziehen, falls diese nicht vorhanden ist, sind ähnlich wirksame Maßnahmen zu treffen),
- Forderungen zur mechanischen Sicherheit (Standfestigkeit der Maste, Windlastannahmen, Durchhang von Seilen),
- Maßnahmen bei Kreuzungen und Näherungen (Voraussetzung ist immer die Zustimmung des Rechtsträgers der gekreuzten Anlage).

1.17. Mit welchen Frequenzkontrolleinrichtungen sollen Amateurfunkstellen ausgerüstet sein?

Frequenzkontrolleinrichtungen müssen sich für die Verwendung in Amateurfunkstellen eignen. Das heißt z. B., daß die Frequenzen der in der Genehmigungsurkunde zugeteilten Bereiche kontrollierbar sein müssen. Unterhalb 500 MHz darf die Meßunsicherheit höchstens $1 \cdot 10^{-4}$ betragen (die mögliche Ablese- und Einstellabweichung muß unter 0,1 Promille liegen).

1.18. Wann darf eine Amateurfunkstelle den Betrieb aufnehmen?

Sendeanlagen einer Amateurfunkstelle dürfen erst nach ihrer Freigabe durch die DP in Betrieb genommen werden. Vor der Freigabe ist ein kurzfristiger Probebetrieb (bis zu 4 Wochen) mit Zustimmung der zuständigen Bezirksdirektion der DP zulässig.

1.19. Welche Pflichten der Betriebsführung überträgt die AFuO dem Funkamateur?

Führung eines Funktagebuches; vorschriftsgemäßer Gebrauch des Rufzeichens; Nachrichtenübermittlung in offener Sprache; Einhaltung der genehmigten Frequenzbereiche; Überwachung der Güte der Aussendungen und der genehmigten Frequenzbereiche; Beschränkung der Sendeleistung auf das erforderliche Mindestmaß und der Aussendungen auf die genehmigten Modulationsarten; Wahrung des Fernmeldegeheimnisses; Anzeige von Notrufen und empfangenen Nachrichten, für die Anzeigepflicht besteht, bei den zuständigen Staatlichen Organen; Meldung von Funkstörungen und festgestellten Verstößen gegen die Bestimmungen des Funkdienstes bei der zuständigen BDP; Meldung zeitweiliger Standortveränderungen und der Einstellung des Funkbetriebs an die zuständige BDP, wenn die Stillsetzung 6 Monate überschreitet.

Bei Stillsetzung über 6 Monate ist auch die Genehmigungsurkunde bei der zuständigen BDP zu hinterlegen.

1.20. Wie können Amateurfunkstellen eingesetzt werden, was ist dann beim Rufzeichengebrauch zu beachten?

Amateurfunkstellen können als feste, fahrbare oder tragbare Funkstellen hergestellt, errichtet und betrieben werden.

— Bei Aussendungen von einem zeitweilig genutzten Standort, der nicht in der Urkunde genehmigt ist, sind dem Rufzeichen die Zeichen „/p" (portable) nachzusetzen.
— Wird eine Amateurfunkstelle als fahrbare Funkstelle eingesetzt, sind dem Rufzeichen die Zeichen „/m" (mobil) nachzusetzen.
— Wird eine Amateurfunkstelle an Bord eines Wasserfahrzeuges betrieben, sind dem Rufzeichen die Zeichen „/mm" (maritim mobil) nachzusetzen.

1.21. Wann und durch wen kann eine Einschränkung der Genehmigungsbedingungen vorgenommen werden?

Einschränkungen können
aus gesamtstaatlichen oder Sicherheitsgründen durch den Minister für Post- und Fernmeldewesen,
zur Verhinderung von Störungen durch die BDP oder den Leiter des Funk-Entstörungsdienstes im Bezirk angeordnet werden.

1.22. Wie verhält sich der Amateur, wenn er einen Schwarzsender hört?

Er ist verpflichtet, die zuständige BDP zu benachrichtigen; es sollten festgestellt werden: Rufzeichen, verwendete Namen und QTH, Zeit, Frequenz, Sendeart, Lautstärke, Inhalt der Sendung, Verwendung besonderer Kodes usw. (§ 17 AFuO).

1.23. Dürfen Funkamateure an anderen von der BDP abgenommenen Amateurfunkstellen arbeiten, und was ist dabei zu beachten?

Ja, das ist zulässig. Es müssen jedoch die Bedingungen eingehalten werden, die der Genehmigungsklasse des Benutzers entsprechen; ferner ist dem Rufzeichen der benutzten Funkstelle das Rufzeichen des Benutzers anzufügen (§ 14 AFuO).

1.24. Was ist zu beachten, wenn vorübergehend der Standort gewechselt wird?

Dem Rufzeichen ist der Buchstabe „p" anzufügen. Für länger als 48 Stunden vorgesehenen Portabelbetrieb muß mindestens 3 Tage vorher eine schriftliche Meldung bei der zuständigen Bezirksdirektion der Deutschen Post vorliegen.

1.25. Dürfen Bürger anderer Staaten am Amateurfunk in der DDR teilnehmen?

Ja, wenn sie im Besitz einer gültigen Amateurfunkgenehmigung ihres Staates sind und eine entsprechende Vereinbarung des Ministeriums für Post- und Fernmeldewesen mit der Nachrichtenverwaltung des anderen Staates besteht. Bürger anderer Staaten, wenn sie sich länger als ein Jahr in der DDR aufhalten, kann auch nach den Bedingungen der Amateurfunkordnung der DDR eine Genehmigung erteilt werden.

1.26. Welche allgemeinen Pflichten bestehen für den verantwortlichen Funkamateur?

Schutz der technischen Einrichtungen vor Verlust und unbefugter Benutzung; Nachweis der in der Genehmigungsurkunde bezeichneten Funkanlagen; ordnungsgemäße Abwicklung des Funkverkehrs (bei Klubstationen außerdem: Einhalten der Sicherheitsbestimmungen, der Stationsordnung mit Durchführung der Belehrungen).

1.27. Wann erfolgt der Zusatz „/a" (alternativ) zum Rufzeichen einer Amateurfunkstelle?

— Bei Einsatz der Amateurfunkstelle an einem zweiten, genehmigten Standort.
— Bei Mitarbeit von Funkamateuren (DM 2 ...) an Klubstationen der GST (nach Erlaubnis durch die BDP).

1.28. Welcher Funkverkehr ist an Amateurfunkstellen zulässig, welcher Funkverkehr ist nicht zugelassen?

Zulässig sind

— Funkverkehr in offener Sprache (einschließlich internationaler Abkürzungen und Q-Gruppen) mit Amateurfunkstellen,

– Rundspruchsendungen der GST mit Zustimmung des Ministeriums für Post- und Fernmeldewesen.

Die Aussendungen sind auf Mitteilungen technischer und betrieblicher Art zu beschränken.

Nicht gestattet sind

– Übermittlung von Nachrichten an Dritte bzw. von Dritten,
– Übertragung von Musiksendungen,
– Verkehr mit Funkstellen, die nicht dem Amateurfunk zugeordnet sind.

1.29. Wann ist eine Genehmigung zum Besitz eines Senders erforderlich?

Übersteigt eine Betriebsunterbrechung 6 Monate, ist die Genehmigungsurkunde beider BDP zu hinterlegen und eine Besitzgenehmigung zu beantragen.

1.30. Welche technischen Vorleistungen hat der Funkamateur an seiner Station durchzuführen, um Funkstörungen bei Dritten zu vermeiden?

Einhalten der Grenzwerte für Nebenaussendungen nach Anlage 2 zur AFuO; zweckmäßige Gestaltung der Antennenanlage (z. B. sind niederohmig gespeiste Antennen vorzuziehen).

1.31. Wer regelt bei auftretenden Funkstörungen (BCI, TVI, EMC) die Durchsetzung der Entstörungsmaßnahmen?

Grundsätze regeln die §§ 23 bis 25 PFG und die Funk-Entstörungsordnung. Sofern es keine Einigung zwischen dem Funkamateur und dem Besitzer der gestörten Empfangsanlage gibt, legt der Funk-Entstörungsdienst unter Berücksichtigung gesellschaftlicher Interessen und technischen Möglichkeiten Maßnahmen fest.

1.32. Was muß der Funkamateur tun, wenn er seinen Wohnort bzw. den Standort seiner Funkstelle ändert?

Die Genehmigungsurkunde ist der zuständigen BDP zum Umtausch einzureichen; der Kreisvorstand der GST ist zu verständigen.

1.33. Wie erhält der Funkamateur seinen Anspruch auf die erteilte Genehmigung aufrecht?

Die Zulassung zum Amateurfunk ist ein besonderer Vertrauensbeweis des sozialistischen Staates und verlangt hervorragende Leistungen in der Gesellschaft und gewissenhafte Beachtung der gesetzlichen Vorschriften sowie Übernahme und Erfüllung von Organisationsaufträgen (siehe auch 1.19. und Antrags- sowie Betriebsdienstordnung).

1.34. Welche Regelung gilt für den Rufzeichengebrauch bei Wettkämpfen?

Bei Wettkämpfen sind Funkamateure berechtigt, eine andere Amateurfunkstelle unter dem Rufzeichen des für diese Station verantwortlichen Amateurs zu betreiben (ohne Angabe des eigenen Rufzeichens).

Die Meldung des verantwortlichen Amateurs über die teilnehmenden Funkamateure muß mindestens 8 Tage vor Wettkampfbeginn bei der zuständigen BDP vorliegen.

1.35. Nennen Sie Amateurfunkdiplome, die vom Zentralvorstand der GST durch den Radioklub der DDR herausgegeben werden!

WADM (worked all DM) — gearbeitet mit allen DM-Bezirken. Das Diplom wird in vier Klassen, der Junioren-, der Senioren-, der Meister- und der Championklasse verliehen.

RADM (received all DM) — alle DM-Bezirke gehört (Hördiplom für geprüfte Empfangsamateure).

HADM Diplom für Rundfunkhörer und nicht geprüfte Empfangsamateure.

SOP (Sea of peace)

1.36. Nennen Sie einige Amateurfunkdiplome der sozialistischen Staatengemeinschaft!

R6K = gearbeitet mit allen Kontinenten und je einer sowjetischen Station im europäischen und asiatischen Teil der UdSSR.

S6S = gearbeitet mit allen Kontinenten.

OK 100 = gearbeitet mit 100 verschiedenen Stationen der ČSSR.

ZMT = gearbeitet mit allen Ländern der sozialistischen Staatengemeinschaft.

1.37. Nennen Sie einige international bekannte Funkwettkämpfe der sozialistischen Staatengemeinschaft, die in der Regel jährlich ausgetragen werden!

WADM-Contest — ausgeschrieben vom Radioklub der DDR anläßlich eines Feiertags unserer Republik.

SU-Contest — ausgeschrieben vom Zentralen Radioklub Moskau anläßlich des Tages des Radios (Geburtstag von A. S. Popow, bedeutender russischer Physiker und Entdecker der drahtlosen Telegrafie).

OK-DX-Contest — ausgeschrieben vom Zentralen Radioklub Prag.

1.38. Wann sendet der Amateur cl?

Diese Abkürzung wird benutzt, wenn die Station den Funkverkehr beendet und keine weiteren QSOs durchzuführen beabsichtigt. Anrufe an diese Station sind zwecklos.

1.39. Was ist beim Verlassen einer Amateurfunkstelle zu beachten?

Es ist dafür zu sorgen, daß
die gesamte Anlage abgeschaltet wird, eine unbefugte Inbetriebnahme der Station ausgeschlossen ist und die Antennen geerdet sind.

1.40. Wann erlischt eine Genehmigung?

Nach § 21 AFuO erlischt eine Genehmigung durch Verzicht; mit Aufgabe des Wohnsitzes in der DDR; nach Ablauf von 2 Jahren seit Ausstellung der Urkunde, soweit innerhalb dieser Zeit die Funkstelle nicht zur Abnahme gemeldet worden ist; bei einer Unterbrechung der Teilnahme am Amateurfunkdienst von mehr als 3 Jahren; mit dem Ausscheiden aus der GST und durch Widerruf des Ministeriums für Post- und Fernmeldewesen.

1.41. Was hat zu geschehen, nachdem eine Amateurfunkgenehmigung erloschen ist?

Die Genehmigungsurkunde ist unverzüglich der zuständigen BDP zurückzugeben. Durch die BDP ergehen Auflagen über die weitere Behandlung der nicht mehr genehmigten Funkanlagen.

Anmerkung zu Abschnitt 1.

Es wird darauf hingewiesen, daß das Gesetz über das Post- und Fernmeldewesen für Verletzung der Vorschriften über die Sicherheit des Funkverkehrs Erziehungs- und Strafmaßnahmen vorsieht, die öffentlichen Tadel, Geldstrafe, Verurteilung auf Bewährung oder Freiheitsstrafen bis zu 2 Jahren umfassen. Wesentlich ist in diesem Zusammenhang die Kenntnis, daß das Errichten von Funkanlagen, das Betreiben, die Herstellung, die Veräußerung und der Besitz von Sendern ohne die erforderliche Genehmigung oder entgegen den Bedingungen einer Genehmigung unter diese Strafbestimmungen fällt. Die Deutsche Post kontrolliert das Einhalten der Bestimmungen, insbesondere die Amateurfunkstellen.

2. Funkbetriebsdienst

2.1. Nennen Sie die Landeskenner der Funkamateure einiger Länder Europas!

DM = Deutsche Demokratische Republik
U = Union der Sozialistischen Sowjetrepubliken
OK = Tschechoslowakische Sozialistische Republik
SP = Volksrepublik Polen
HA = Ungarische Volksrepublik
LZ = Volksrepublik Bulgarien
YO = Sozialistische Republik Rumänien

SM	= Schweden	OE	= Oesterreich
OZ	= Dänemark	HB	= Schweiz
I	= Italien	F	= Frankreich

2.2. Erklären Sie den Aufbau eines DM-Rufzeichens!

DM-Rufzeichen setzen sich aus der Buchstabengruppe DM (Kennung der DDR), einer Zahl und einer weiteren Buchstabengruppe zusammen. Der letzte Buchstabe kennzeichnet immer den Bezirk. Die anderen Buchstaben sind Ordnungsbuchstaben, die den Rufzeicheninhaber ausweisen.

2.3. Welche Bedeutung hat die Zahl im DM-Rufzeichen?

0 ständige Sonderstationen (z. B. DM 0 DM, DM 0 FA, DM 0 FS);
1 nicht festgelegt;
2 Rufzeichen für Amateure mit eigener Station;
3, 4, 5 Rufzeichen für Kollektivstationen;
6 Bezirksrundspruchstationen;
7 UKW- und Conteststationen (z. B. DM 7 AO, DM 7 DL);
8 Sonderrufzeichen für Veranstaltungen;
9 Funkamateure anderer Staaten, die sich zeitweilig in der DDR aufhalten.

2.4. Welche Kennbuchstaben haben die Bezirke der DDR?

A	Rostock	F	Cottbus	K	Suhl
B	Schwerin	G	Magdeburg	L	Dresden
C	Neubrandenburg	H	Halle	M	Leipzig
D	Potsdam	I	Erfurt	N	Karl-Marx-Stadt
E	Frankfurt (Oder)	J	Gera	O	Berlin — Hauptstadt der DDR

2.5. Welche Angaben muß eine QSL-Karte enthalten?

Rufzeichen der eigenen Station, Raum für Rufzeichen der Gegenstation, Datum, Zeit (GMT), Frequenz, Rapport, technische Angaben zur eigenen Station, handschriftliche Unterschrift.

Ferner sollte man dem Partner für das QSO nochmals danken und den Wunsch zur Wiederholung einer Verbindung zum Ausdruck bringen.

2.6. Wie soll die QSL-Karte einer DM-Station grafisch gestaltet sein?

Sie muß in Inhalt und Form dem Wesen der Funkamateure unserer Republik entsprechen und dazu beitragen, das Ansehen der DDR im Ausland zu erhöhen. Neben den notwendigen Angaben sollten deshalb auch grafische Gestaltungsmittel und Fotos Platz finden, die die Errungenschaften unserer Republik oder Motive unserer Heimat zeigen.

2.7. Wo sind die Aufzeichnungen über durchgeführte Aussendungen niederzulegen? Welche Angaben werden gefordert?

An jeder Amateurfunkstelle ist das „Tagebuch der GST für Funkamateure" zu führen. Es muß enthalten: Anfangs- und Schlußzeit jeder Sendung, Rufzeichen der Gegenstelle, Frequenz, Rapporte, QTH der Gegenstelle, Sendeleistung, Datum, Unterschrift des Amateurs, sofern nicht an der eigenen Station gearbeitet worden ist (§ 18 AFuO, AFu-Klubstationsrichtlinie).

2.8. Welche Bedeutung haben nachstehend aufgeführte internationale Amateurabkürzungen?

QRM, QTH, QRX, QRU, QRZ, QRG, QRI, QRH, QRP, QRO, QRS, QRQ, QSY, QTC, QRT, QSL; ge, gd, dr, frd, vy, to, gld, ur, rprt, rpt, rst, fb, ufb, sri, my, inpt, tx, tnx, rx, vfo, ok, cuagn, hpe, dsw, tow; 73, 55 (Entschlüsselung siehe Amateurfunkhandbuch).

2.9. Was versteht man unter den Betriebs- oder Sendearten und was bedeuten die Abkürzungen A1, A2, A3, A3a, F1, F2, F3, F4?

Mit Betriebs- oder Sendearten wird die Art der ausgestrahlten Signale bezeichnet. Es bedeuten:

A1 Telegrafie durch Tastung des unmodulierten Trägers;

A2 Telegrafie durch Tastung des tonmodulierten Trägers;

A3 amplitudenmodulierte Telefonie (Fernsprechen), Zweiseitenband;

A3a Einseitenbandtelefonie mit vermindertem Träger;

F1 Frequenzumtastung (unmodulierter Träger), Telegrafie, Funkfernschreiben;

F2 Frequenzumtastung des modulierten Trägers, Telegrafie, Funkfernschreiben;

F3 frequenzmodulierte Telefonie (maximaler Modulationsindex 1);

F4 Schmalbandfernsehen — SSTV — (maximaler Modulationsindex 1) — Anlage zur AFuO —.

2.10. Welche Regeln gilt es hinsichtlich der Belegung der Bänder mit Telegrafie bzw. Telefonie einzuhalten?

Gemäß einer Empfehlung der Amateurorganisationen sollten die niederfrequenten Abschnitte der Bänder dem Telegrafieverkehr und dabei die ersten 10 kHz eines jeden Bandes für DX-Verbindungen reserviert sein. Im 80-m-Band umfaßt der CW-Teil den Frequenzbereich 3500 ... 3600 kHz.

2.11. Mit welchen Abkürzungen werden Lesbarkeit, Lautstärke und Tonqualität der empfangenen Signale beschrieben?

Mit dem „RST-System" werden die empfangenen Signale kurz und dennoch hinreichend genau beschrieben.

R = Lesbarkeit (readability) 1 ... 5;
S = Lautstärke (strength) 1 ... 9;
T = Tonqualität (tone) 1 ... 9.

2.12. Welcher Unterschied besteht zwischen QRM und QRN?

Bei QRM handelt es sich um einen fremden Störer, dessen Signale die Aufnahme des gewünschten Senders erschweren oder unmöglich machen. Mit QRM-lokal bezeichnet man meist Störungen durch elektrische Maschinen und Apparate (Motoren, Klingeln, sonstige Geräte mit Funkenentladung). Mit QRN werden atmosphärische Störungen bezeichnet.

2.13. Welche Einflüsse können sich auf die Lesbarkeit der empfangenen Signale nachteilig auswirken?

QRM; QRM-lokal; QRN; QSB (Schwund); schlechte Gebeweise des QSO-Partners; schlechte Qualität der Signale (QRI, Chirp, Modulationsverzerrungen).

2.14. Welcher Unterschied besteht zwischen den Anrufen „cq" und „QST"?

cq ist das Anrufzeichen an alle, Antwort wird erwartet;
QST bedeutet Mitteilung an alle, Antwort wird nicht erwartet (z. B. Ankündigung eines Rundspruchs).

2.15. Welche Möglichkeit besteht, um ein bestimmtes Land zu rufen?

Dem cq-Ruf wird der Landeskenner des gewünschten Landes angefügt (z. B. cq vk = Anruf für Stationen in Australien).

2.16. Was bedeutet „cq dx"?

Die rufende Station wünscht Verbindung mit QSO-Partnern in mehr als 3000 km Entfernung (KW-Bänder).

Wird auf UKW gearbeitet, soll die Entfernung größer als 300 km sein.

2.17. Was versteht man unter „BK-Verkehr"?

BK = „break in" (dazwischenrufen). In den Tastpausen sind die Stationen empfangsbereit und damit in der Lage, Zwischenrufe der Gegenstation oder Anrufe anderer Stationen, die sich am QSO beteiligen wollen, aufzunehmen.

2.18. Was ist ein Duplex-QSO?

Jede Station sendet auf einer anderen Frequenz. Das QSO kann deshalb in Form des Gegensprechens abgewickelt werden. Voraussetzung sind trennscharfe und kreuzmodulationsarme Empfangsgeräte. Nachteilig ist, daß von einer Verbindung zwei Frequenzen belegt werden.

2.19. Was ist der Unterschied zwischen ar und sk?

ar wird im QSO am Ende der einzelnen Durchgänge gegeben; sk ist das Schlußzeichen des QSOs.

2.20. Was bedeutet der Ausdruck ok?

Der Inhalt einer Sendung wurde fehlerfrei aufgenommen, so daß sich Ergänzungen oder Rückfragen erübrigen.

2.21. Wie lauten die Notzeichen in Telegrafie und in Telefonie zu Wasser, in der Luft und zu Lande?

Seenotzeichen = SOS; Luftnotzeichen = PAN (Telegrafie), in Fonie wird der Ausdruck mayday bzw. Máidez (gesprochen = mädee) gebraucht; Landnotzeichen = QRRR.

2.22. Wie ist auf Notzeichen seitens der Amateure zu reagieren?

Jeder Funkverkehr ist sofort zu unterbrechen und der Notruf zu beobachten. Der Inhalt des Notrufs ist schriftlich festzuhalten. Bleibt der Notruf unbeantwortet, sind die örtlichen staatlichen Organe zu verständigen.

2.23. Erklären Sie das QTH-Kenner-System, und erläutern Sie seine Bedeutung!

Mehr als im KW-Bereich interessiert den UKW-Amateur die bei einer Verbindung überbrückte Entfernung. Bei vielen Wettbewerben zählt die Summe aller überbrückten Kilometer als Gesamtpunktzahl. Zur hinreichend genauen Ermittlung der Standorte der Amateurfunkstationen dient das QTH-Kenner-Netz. Es gleicht im Prinzip dem geographischen Gradnetz, die Art der Bezeichnung ist jedoch vereinfacht.

Die Standortangabe baut sich auf aus dem Großfeld (2 Buchstaben), dem Kleinfeld (Zahlenbezeichnung von 01 bis 80) und dem Kleinstfeld (Bezeichnung durch kleine Buchstaben von a bis j); Beispiel: GL 53 g.

Der maximale Fehler einer Entfernungsangabe liegt in unseren Breiten bei 2,5 km.

Landkarten von Europa, in die das QTH-Kenner-Netz eingedruckt ist, erleichtern das Arbeiten mit diesem System.

Anmerkung zu Abschnitt 1. und Abschnitt 2.

In den Prüfungsgesprächen können auch aktuelle Fragen behandelt werden, die sich aus der Klassifizierungsordnung (vom 1. 9. 1973), der Wettkampf- und Contestordnung (vom 1. 9. 1970), der Richtlinie über die Arbeit mit QSL-Karten und den QSL-Vermittlungen (vom 1. 10. 1972) sowie der Diplomordnung (vom 1. 9. 1970) ableiten.

Künftig ist auch die AFu-Betriebsdienstordnung zu beachten.

3. Grundlagen der Elektrotechnik

3.1. Zeichnen Sie einen einfachen, mit einer Lampe versehenen Stromkreis und erklären Sie daran die Begriffe Spannung, Stromstärke und Widerstand!

Die Spannung U (gemessen in V) ist die Ursache für den Strom I (gemessen in A). Die Stromstärke ist proportional der Spannung und umgekehrt proportional dem Widerstand (gemessen in Ω). Der Zusammenhang der drei Größen wird durch das Ohmsche Gesetz beschrieben (Bild 3.1):

$$I = \frac{U}{R} \cdot$$

3.2. Wie berechnet man die Belastung (Leistung P) eines ohmschen Widerstands?

$$P = U \cdot I = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R} \cdot$$

Beispiel 1: $U = 250\ V; I = 10\ mA \cdot P = 250\ V \cdot 0{,}01\ A = 2{,}5\ W$.

Beispiel 2: $U = 220\ V; R = 1\ k\Omega \cdot P = \frac{(220)^2\ V^2}{1000\ \Omega} = 48{,}4\ W$.

Beispiel 3: $I = 1{,}5\ A; R = 20\ \Omega \cdot P = (1{,}5)^2\ A^2 \cdot 20\ \Omega = 45\ W$.

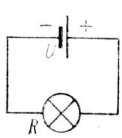


Bild 3.1
Einfacher Lampenstromkreis

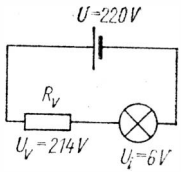


Bild 3.2
Lampenstromkreis mit Vorschaltwiderstand

3.3. Eine Glühlampe für 6 V/0,2 A soll an einer Spannung von 220 V betrieben werden. Zeichnen Sie die Schaltung und berechnen Sie den Vorwiderstand nach Größe und Belastung (Bild 3.2)!

$$U_v = 220\ V - 6\ V = 214\ V;\ R_v = \frac{U_v}{I} = \frac{214\ V}{0{,}2\ A} = 1070\,\Omega;$$

$$P_v = U_v \cdot I = 214\ V \cdot 0{,}2\ A = 42{,}8\ W.$$

3.4. Was ist Ihnen über den spezifischen Widerstand und die Leitfähigkeit von Eisen, Kupfer und Aluminium bekannt?

Der spezifische Widerstand ϱ eines Leiters ist der Widerstand des Materials bei 1 m Länge, 1 mm² Querschnitt bei einer Temperatur von 20 °C. Unter der Leitfähigkeit versteht man den Kehrwert des spezifischen Widerstands.

Material:	Eisen	Kupfer	Aluminium
spezifischer Widerstand ϱ:	0,12	0,0175	0,027
Leitfähigkeit $\varkappa$:	8,35	57	37

Die Maßeinheiten sind für $\Omega mm^2/m$, $m/\Omega mm^2$.

3.5. Wie beeinflussen Leiterlänge, Leiterquerschnitt und das Material den Widerstand eines Leiters?

$$R = \frac{\varrho \cdot l}{A} = \frac{l}{\varkappa \cdot A}\ (R \text{ in } \Omega,\ l \text{ in m},\ A \text{ in mm}^2).$$

3.6.* Welchem spezifischen Widerstand in $\Omega mm^2/m$ entspricht die Angabe Ωm?

$$1\,\Omega m = \frac{1\,\Omega m^2}{m} = \frac{10^6\,\Omega mm^2}{m}.$$

3.7.* In welcher Weise ändert sich der Widerstand der Metalle bei Temperaturerhöhung?

Mit Erhöhung der Temperatur nimmt der Widerstand metallischer Leiter zu. Anwendungen: Eisen-Wasserstoff-Widerstand; Widerstandsthermometer.

Die auf 1 Ω und 1 grd Temperaturänderung bezogene Widerstandsänderung bezeichnet man als Temperaturkoeffizient des Widerstands. Innerhalb eines kleinen Temperaturintervalls (etwa bis max. 100 grd) ändert sich der Widerstand linear mit der Temperatur. Es gilt:

$R\vartheta = R_{20}\,(\alpha \cdot \Delta\vartheta + 1)$. Für Metalle gilt etwa $\alpha \approx 0{,}04\ \text{grd}^{-1}$

3.8.* Der Widerstand einer Transformatorwicklung wurde im kalten Zustand zu $R_{20} = 12{,}5\ \Omega$ und nach 12stündiger Betriebszeit unter Nennbelastung zu $R\vartheta = 15{,}0\ \Omega$ gemessen. Auf welche Temperatur hat sich die Cu-Wicklung durchschnittlich erwärmt?

Durch Anwendung der Formel aus 3.7. ergibt sich:

$$\Delta\vartheta = \frac{R\vartheta - R_{20}}{R_{20} \cdot \alpha} = \frac{2{,}5\,\Omega \cdot \text{grd}}{12{,}5\,\Omega\,0{,}04} = 50\ °\text{C} \cdot$$

$R\vartheta = (50 + 20)°\text{C} = 70\ °\text{C}$.

3.9. Was versteht man unter einem Heißleiter?

Heißleiter bestehen aus solchen Stoffen, deren Widerstand bei Temperaturerhöhung abnimmt. Zu diesen Stoffen gehören Kohle, Silizium, Germanium und speziell als Heißleiter hergestellte sinterkeramische Bauelemente (Thermistoren).

3.10. Nennen Sie einige chemische Stromquellen, und erläutern Sie ihr physikalisches Prinzip!

a) Primärelemente: Zwei unterschiedliche Leiter (Elektroden) befinden sich in einem gemeinsamen Elektrolyten (Säure, Lauge, Salzlösung). Infolge chemischer Vorgänge entsteht

zwischen den Elektroden ein Ladungsunterschied, eine elektrische Spannung. Beispiel: Monozelle; Kohlestab und Zinkbecher als Elektroden, Salmiak als Elektrolyt; Spannung etwa 1,5 V.

b) Sekundärelemente: Diese müssen vor Inbetriebnahme durch einen Gleichstrom aufgeladen werden; man nennt sie auch Sammler oder Akkumulator.

Beispiel: Bleiakkumulator; Blei- und Bleidioxidplatte als Elektroden, Schwefelsäure mit einer Dichte von $\varrho = 1{,}24\ \mathrm{g/cm^3}$ als Elektrolyt; Spannung etwa 2 V je Zelle.

Orientieren Sie sich selbst über den Nickel-Cadmium-Sammler!

3.11. In welcher Weise kann man Stromquellen zusammenschalten?

a) Reihenschaltung: Der Pluspol der einen Quelle wird mit dem Minuspol der folgenden Quelle verbunden. Die Gesamtspannung ist gleich der Summe der Teilspannungen.

b) Parallelschaltung: Die gleichnamigen Pole der einzelnen Quellen werden miteinander verbunden. Es dürfen nur Stromquellen mit gleicher Spannung parallelgeschaltet werden. Die Gesamtspannung erhöht sich nicht, wohl aber die Kapazität und die maximal entnehmbare Stromstärke.

3.12.* Welcher Unterschied besteht zwischen Urspannung und Klemmenspannung?

Die Urspannung E ist die ursächlich von der Quelle erzeugte Spannung. Da die Quelle selbst einen inneren Widerstand R_i aufweist (Elektrolytwiderstand bei chemischen Stromquellen, Wicklungswiderstand bei Generatoren und Transformatoren), fällt bei Stromentnahme an diesem Widerstand eine Spannung U_i ab, um deren Betrag die an den Klemmen meßbare Klemmenspannung U_a kleiner als die Urspannung ist;

$$E = U_a + U_i = I \cdot (R_a + R_i)\,.$$

3.13. In welchen Maßeinheiten werden elektrische Leistung und elektrische Arbeit (Energie) gemessen, und aus welchen Größen kann man sie errechnen?

Elektrische Leistung: $P = U \cdot I$; Maßeinheiten: Watt (W), Kilowatt (kW), Megawatt (MW), Milliwatt (mW), Mikrowatt (μW);

$1\ \text{MW} = 10^3\ \text{kW} = 10^6\ \text{W}, 1\ \text{W} = 10^3\ \text{mW} = 10^6\ \mu\text{W}.$

In Wechselstromkreisen können, durch Induktivitäten und Kapazitäten verursacht, auch Blindströme fließen. Die Wirk- und Blindströme ergeben durch vektorielle Addition den Gesamt- oder Scheinstrom. Man muß deshalb streng zwischen Wirk-, Blind- und Scheinleistung unterscheiden.

Die Wirkleistung P mißt man in Watt, die Scheinleistung P_s in VA und die Blindleistung P_b in var (Volt-Ampere-reaktiv). Zwischen den drei Leistungsarten besteht folgender Zusammenhang:

$$P_s = \sqrt{P^2 + P_b^2}\ .$$

Elektrische Arbeit: Diese erhält man durch Multiplikation der Leistung mit der Zeit

$$W_{el} = P \cdot t\ .$$

Ihre Grundmaßeinheit ist die Wattsekunde Ws.
Eine größere Maßeinheit ist die Kilowattstunde kWh,

$1\ \text{kWh} = 3\,600\,000\ \text{Ws}.$

3.14. Was versteht man unter dem Wirkungsgrad einer elektrischen Einrichtung?

Der Wirkungsgrad ist das Verhältnis von abgegebener Leistung (Nutzleistung) zur aufgenommenen bzw. erzeugten (induzierten) Leistung:

$$\eta = \frac{\text{Nutzleistung}}{\text{Gesamtleistung}}\ .$$

In der Gesamtleistung steckt neben der Nutzleistung auch die Verlustleistung.

Nach dem Energieerhaltungssatz kann sie sich dem Wert 1 (bzw. 100 %) zwar beliebig nähern, ihn aber nie ganz erreichen oder gar überschreiten (Unmöglichkeit des Perpetuum mobile).

3.15.* Erläutern Sie die drei charakteristischen Belastungsfälle einer Stromquelle (Kurzschluß, Leerlauf, Anpassung)!

Kurzschluß: Der Strom fließt über einen gegenüber dem Innenwiderstand der Quelle vernachlässigbar kleinen Außenwiderstand. Der Gesamtwiderstand des Stromkreises ist gleich dem Innenwiderstand. Es tritt der Kurzschlußstrom I_k auf. Die Klemmenspannung ist 0. In der Quelle wird die Kurzschlußleistung P_k erzeugt und sofort an R_i in Wärme umgesetzt. Der Wirkungsgrad ist 0.

$$R_a = 0; R_{ges} = R_i; I_k = \frac{E}{R_i}; U_a = 0; P_k = \frac{E^2}{R_i}; \eta = 0.$$

Leerlauf: Der Außenwiderstand ist unendlich groß; es fließt kein Strom. Die Klemmenspannung ist gleich der Urspannung; Leistung wird weder abgegeben noch erzeugt; man spricht vom angenäherten Leerlauffall, wenn $R_a \gg R_i$ (z. B. $R_a > 50\, R_i$); dann ist $I \ll I_k$, $U_a \approx E$; $\eta \to 1$.

Anpassung: $R_a = R_i$; es erfolgt maximale Leistungsabgabe; $U_a = 1/2E$; $I = 1/2\, I_k$; $P_a = P_i = 1/4\, P_k$; $\eta = 0{,}5$.

3.16.* In welchen praktischen Fällen wird mit Anpassung und wann mit annäherndem Leerlauf gearbeitet?

Anpassung: Signalübertragung in der Informationselektronik, z. B. Mikrofon—Verstärker; Verstärker—Lautsprecher; Antenne—Empfängereingang; Senderausgang—Antenne.
Leerlauf: Energieversorgung, Netzanschlußgeräte.

3.17. Was versteht man unter einem Potentiometer?

Ein Potentiometer ist ein einstellbarer Widerstand, bei dem durch den Schleifer ein Teil des Widerstands abgegriffen wird. Dadurch ist es möglich, die über dem Gesamtwiderstand liegende Spannung zwischen den Enden und dem Schleifer beliebig aufzuteilen (Bild 3.3).

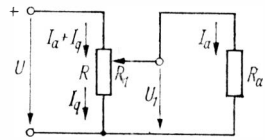


Bild 3.3
Potentiometerschaltung

3.18. Wie lauten die Kirchhoffschen Regeln für den verzweigten Stromkreis?

In jedem Knotenpunkt (Verzweigungsstelle eines elektrischen Netzwerks) ist die Summe der zufließenden Ströme gleich der Summe der abfließenden Ströme.

In einem verzweigten Stromkreis verhalten sich die Stromstärken wie die zugehörigen Leitwerte bzw. wie die Kehrwerte der zugehörigen Widerstände.

1) $\Sigma I_{zu} = \Sigma I_{ab}$;

2) $I_1 : I_2 : I_3 = G_1 : G_2 : G_3 = 1R_1 : 1R_2 : 1R_3$.

Für zwei parallelgeschaltete Widerstände gilt speziell

$I_1 : I_2 = R_2 : R_1$ (Bild 3.4).

3.19. Wie groß ist der Gesamtwiderstand von zwei Widerständen $R_1 = 800\,\Omega$ und $R_2 = 200\,\Omega$ a) bei Reihen-, b) bei Parallelschaltung?

a) $R_r = R_1 + R_2 = 800\,\Omega + 200\,\Omega = 1000\,\Omega$.

b) $$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{800\,\Omega} + \frac{1}{220\,\Omega} = \frac{1}{800\,\Omega} + \frac{4}{800\,\Omega} = \frac{5}{800\,\Omega}$$

$R_p = 160\,\Omega$.

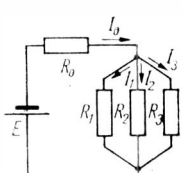


Bild 3.4
Verzweigter Stromkreis

3.20. Wie verlaufen die Feldlinien von Stab- und Hufeisenmagneten? Wie kann man Bauteile gegenüber magnetischen Feldern abschirmen?

Die Feldlinienverläufe sind in Bild 3.5 und Bild 3.6 dargestellt.

Zur Abschirmung von Bauteilen verwendet man legiertes Eisenblech oder ferromagnetische Dreh- oder Gußteile (z. B. Temperguß), die den abzuschirmenden Teil vollständig umschließen sollen (Bild 3.7).

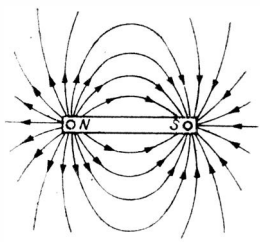


Bild 3.5
Magnetfeld eines Stabmagneten

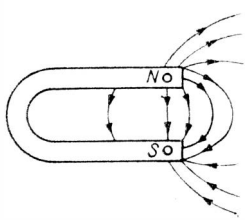


Bild 3.6
Magnetfeld eines Hufeisenmagneten

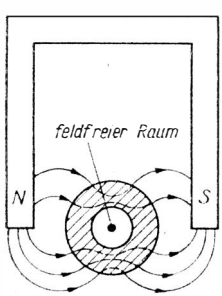


Bild 3.7
Das Innere eines Eisenrings ist feldfrei

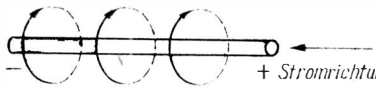


Bild 3.8 Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters

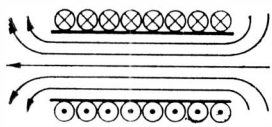


Bild 3.9
Magnetische Feldlinien in einer Zylinderspule

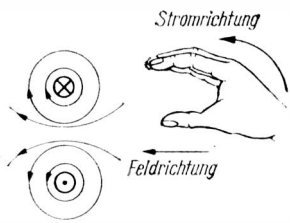


Bild 3.10
„Rechte-Faust-Regel"

3.21. Welche Form hat das Magnetfeld eines geraden stromdurchflossenen Leiters?

Die magnetischen Feldlinien verlaufen als konzentrische Kreise um den Leiter. Die Flußrichtung ist willkürlich festgelegt; man bestimmt sie nach der Korkenzieher- oder Rechte-Faust-Regel (Bild 3.8).

3.22. Skizzieren Sie den magnetischen Flußverlauf einer Zylinderspule (Bild 3.9 und Bild 3.10)!

3.23.* Durch welche Faktoren wird die magnetische Feldstärke einer Spule bestimmt?

Die magnetische Feldstärke einer Spule H ist proportional der Stromstärke und der Anzahl der Windungen N, aber umgekehrt proportional der Spulenlänge l:

$$H = \frac{I \cdot N}{l} \text{ (Maßeinheit: Ampere je Meter).}$$

3.24. Wie ist ein Elektromagnet aufgebaut? Nennen Sie nachrichtentechnische Bauelemente, in denen er verwendet wird!

Ein Elektromagnet besteht aus einer Spule mit einem weichmagnetischen Eisenkern.

Anwendungen: Relais, elektrische Klingel, Fernhörer, Magnetsicherung.

3.25. Weshalb verwendet man für Permanentmagnete magnetisch harte, für Elektromagnete magnetisch weiche Stähle?

Bringt man ferromagnetische Stoffe in das Innere einer stromdurchflossenen Spule, so werden sie magnetisiert. Nach Abschalten des Spulenstroms bleibt im magnetisch harten Stahl der Magnetismus weitgehend erhalten, im magnetisch weichen Stahl verschwindet der Magnetismus bis auf einen geringen Rest. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit für die Auswahl der Stahlsorte für Permanent- und Elektromagnet.

3.26. Welchen Zweck erfüllt der Eisenkern im Elektromagnet?

Durch den Eisenkern wird die Kraftflußdichte um den Faktor μ_r (relative Permeabilität) vergrößert. μ_r ist bei ferromagnetischen Stoffen keine Konstante, sondern stark abhängig von der den Kraftfluß erzeugenden magnetischen Feldstärke (Magnetisierungskurve, durch die die Kraftflußdichte oder die relative Permeabilität in Abhängigkeit von der Feldstärke dargestellt wird).

3.27. Was ist eine Schwingung, und welche Arten sind Ihnen bekannt?

Unter einer Schwingung versteht man die periodische Veränderung einer Größe (z. B. der Länge einer Feder oder der elektrischen oder magnetischen Feldstärke), wenn sie unter der Einwirkung einer periodisch auftretenden Kraft erfolgt.

Eine freie Schwingung liegt dann vor, wenn das System nach einmaligem Anstoß ohne weiteren äußeren Einfluß weiterschwingt. Diese Schwingung kann ungedämpft sein, dann än-

dert sich die Amplitude nicht; sie kann aber auch gedämpft sein, dann nimmt die Amplitude nach einer e-Funktion allmählich ab.

Schwingungen, die sich durch eine Sinusfunktion beschreiben lassen, nennt man harmonisch.

3.28. Durch welche Größen wird eine Schwingung charakterisiert?

Man unterscheidet bei einer Schwingung
die momentane Auslenkung aus der Ruhelage (Elongation) x,
die maximale Auslenkung oder Amplitude x_0,
die Dauer einer Schwingung oder Periodendauer T,
die Anzahl der Schwingungen je Sekunde oder Frequenz f,
die Kreisfrequenz $\omega = 2\,\pi f$ (Bild 3.11).

3.29. In welchen Maßeinheiten mißt man die Frequenz?

Die Grundmaßeinheit ist das Hertz (Hz),
1 Hz = 1 s^{-1} , 1 Kilohertz (1 kHz) = 10^3 Hz,
1 Megahertz (MHz) = 10^6 Hz.

3.30. Was ist eine Welle, und was versteht man unter der Wellenlänge?

Eine Welle entsteht, wenn sich ein Schwingungsvorgang im Raum ausbreitet. Die Wellenlänge ist der kleinste Abstand zweier benachbarter Punkte, die sich in gleicher Schwingungsphase befinden.
Zwischen der Wellenlänge und der Frequenz besteht die Beziehung $\lambda = \frac{c}{f}$;

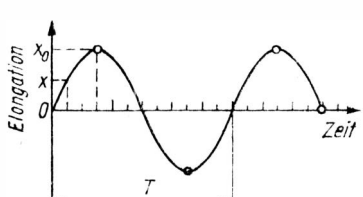


Bild 3.11
Bestimmungsstücke einer Schwingung

c = Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle (bei elektromagnetischen Wellen beträgt c im Vakuum 300 000 km/s, in metallischen Leitern etwa 285 000 km/s).

3.31. Für die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle im Vakuum sollen errechnet werden:

a) λ in m für f = 3 800 kHz; b) f in MHz für λ = 2,063 m.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300\,000 \text{ km/s}}{3\,800 \text{ kHz}} = \frac{300\,000 \text{ m}}{3\,800} = 79 \text{ m}.$$

$$\text{b) } f = \frac{c}{\lambda} = \frac{300\,000 \text{ km/s}}{2{,}063 \text{ m}} = \frac{300 \text{ MHz}}{2{,}063} = 145{,}4 \text{ MHz}.$$

3.32. Was wissen Sie über den Widerstand eines Kondensators im Gleich- und im Wechselstromkreis?

Gleichstromkreis: Der Gleichstrom wird gesperrt, der Kondensator wirkt wie ein unendlich großer Widerstand. Lediglich beim Anschalten des Kondensators an die Spannungsquelle tritt der Ladestromstoß auf.

Wechselstromkreis: Der kapazitive Widerstand ist umgekehrt proportional der Kapazität und der Frequenz. Es gilt also $X_c = \frac{1}{\omega \cdot C}$. Der kapazitive Widerstand ist ein Blindwiderstand.

3.33. In welchen Maßeinheiten wird die Kapazität gemessen?

Die Maßeinheit der Kapazität ist das Farad (F). Ein Kondensator hat eine Kapazität von 1 F, wenn bei einer Ladungsmenge von 1 As zwischen den Kondensatorplatten eine Spannung von 1 V entsteht.

1 Mikrofarad (μF) = 10^{-6} F, 1 Nanofarad (nF) = 10^{-9} F,
1 Picofarad (pF) = 10^{-12} F.

3.34.* Welchen Blindwiderstand hat ein Kondensator von 2 μF bei einer Frequenz von a) 50 Hz, b) 10 kHz?

a) $X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 50\,\text{Hz} \cdot 2\,\mu\text{F}} = 1\,590\,\Omega$.

b) $X_c = 7{,}95\,\Omega$.

3.35. In welcher Weise ändert sich die Gesamtkapazität a) bei Parallelschaltung, b) bei Reihenschaltung von Kapazitäten?

a) Die Gesamtkapazität ist gleich der Summe der Einzelkapazitäten $C_{ges} = C_1 + C_2 + \ldots + C_n$.

b) Die Gesamtkapazität ist kleiner als die kleinste Einzelkapazität $\frac{1}{C_{ges}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots$

3.36. Wie groß ist die Kapazität, wenn zwei Kondensatoren von $C_1 = 1\,\mu$F und $C_2 = 3\,\mu$F a) parallel und b) in Reihe geschaltet werden?

a) $C_p = C_1 + C_2 = 1\,\mu\text{F} + 3\,\mu\text{F} = 4\,\mu\text{F}$.

b) $C_r = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 \cdot C_2} = \frac{1\,\mu\text{F} \cdot 3\,\mu\text{F}}{1\,\mu\text{F} + 3\,\mu\text{F}} = 0{,}75\,\mu\text{F}$.

3.37. In welchen Maßeinheiten werden Induktivitäten gemessen, und von welchen Faktoren ist die Induktivität einer Spule abhängig?

Die Maßeinheit der Induktivität ist das Henry (H). Kleinere Einheiten sind 1 mH $= 10^{-3}$ H, 1 μH $= 10^{-6}$ H.
Die Induktivität einer Ring- oder Zylinderspule, deren Durchmesser sehr viel kleiner als ihre Länge ist, ist dem Quadrat der Windungszahl und dem Querschnitt proportional, jedoch umgekehrt proportional der Wicklungslänge:

$$L = \frac{w^2 \cdot A \cdot \mu_r \cdot \mu_0}{l} \; ; \; \mu_0 = 1{,}26 \cdot 10^{-6}\,\text{Vs/Am}.$$

μ_r = relative Permeabilität des Kerns

3.38.* Was versteht man unter dem Scheinwiderstand einer Spule?

Der Scheinwiderstand Z_S einer Spule setzt sich aus dem ohmschen Widerstand R und dem induktiven Blindwiderstand $X_L = \omega L$ zusammen. Beide Widerstände werden geometrisch addiert.

$$Z_S = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

3.39.* Wie berechnet man den Scheinwiderstand einer aus Induktivität L, Widerstand R und Kapazität C bestehenden Reihenschaltung?

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + \left(L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \cdot$$

Beispiel: $R = 1\ k\Omega$; $L = 2{,}5\ H$; $C = 0{,}25\ \mu F$; $\omega = 800\ s^{-1}$.
Ergebnis: $Z = 3\,160\ \Omega$.

3.40. Was versteht man unter elektromagnetischer Induktion?

Jeder elektrische Strom erzeugt ein Magnetfeld. Andererseits erzeugt jedes sich ändernde Magnetfeld, das auf einen Leiter einwirkt, eine elektrische Spannung (Induktionsspannung). Diese Entdeckung machte der englische Physiker Faraday. Er formulierte das Induktionsgesetz:

In jedem Leiter, der von einem sich ändernden Magnetfeld durchsetzt wird, entsteht eine elektrische Spannung.
Die Änderung des Magnetfeldes kann durch

a) relative Bewegung des Leiters quer zu dem Feldlinienverlauf oder durch
b) Änderung des magnetischen Flusses, der den Leiter durchsetzt, erfolgen.

Anwendungen: zu a) Dynamomaschine, dynamisches Mikrofon, Hörkopf im Magnettongerät; zu b) Rahmenantenne, Ferritantenne, Transformator (induktive Kopplung zweier Spulen).

3.41.* Welche Faktoren beeinflussen die Größe der erzeugten Induktionsspannung?

Die Induktionsspannung ist proportional der Windungszahl und der zeitlichen Änderung des Magnetflusses

$$U_i = - N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \cdot$$

3.42. Warum besteht der Kern von Transformatoren und Drosselspulen aus voneinander isolierten, legierten Eisenblechen?

Das magnetische Wechselfeld, das den Kern durchsetzt, erzeugt im Kern durch Induktion Wirbelströme, die den Kern erwärmen. Der damit verbundene Verlust an elektrischer Energie kann weitgehend verhindert werden, wenn der Kern durch isolierende Zwischenschichten (Papier, Lack, o. ä.) aufgeteilt wird, so daß sich eine Ausbreitung der Wirbelströme verhindern läßt.

3.43. Was ist ein elektrischer Schwingkreis, welche Arten gibt es?

Jeder elektrische Schwingkreis besteht aus einer Induktivität und einer Kapazität. Sind beide in Reihe geschaltet, so spricht man von einem Reihenschwingkreis (Saugkreis); bei Parallelschaltung der beiden Elemente entsteht ein Parallelschwingkreis (Sperrkreis) Bild 3.12 und Bild 3.13.

Bild 3.12
Reihenschwingkreis
(Saugkreis)

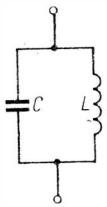


Bild 3.13
Parallelschwingkreis
(Sperrkreis)

3.44. Wodurch wird die Resonanzfrequenz eines Schwingkreises bestimmt?

Die Resonanzfrequenz eines Schwingkreises wird durch die Induktivität der Spule und die Kapazität des Kondensators bestimmt. In Hochfrequenzkreisen (KW, UKW) gehen die Schaltkapazitäten und die Induktivitäten der Zuleitungen merklich in die Schwingkreisdaten ein. Es gilt die Formel

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}} .$$

3.45.* Wie muß man die Kapazität eines Schwingkreises ändern, um seine Resonanzfrequenz von 3 500 kHz auf 1 750 kHz zu vermindern?

Die Kapazität müssen wir auf den vierfachen Wert vergrößern. Das ergibt sich aus der Formel in Aufgabe 3.44.

3.46.* Welche Induktivität ist notwendig, um bei einer gesamten Kreiskapazität von 120 pF bei 3 600 kHz Resonanz zu erzielen?

Die Formel in Aufgabe 3.44. wird nach L umgestellt, und die gegebenen Werte werden eingesetzt:

$$L = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C} .$$

Ergebnis: $L = 16 \cdot 10^{-6}\ H = 16\ \mu H$.

3.47. Welche Maßnahmen wendet man an, um im KW- und UKW-Bereich eine möglichst hohe Schwingkreisgüte zu erreichen?

Kondensatoren mit Luftdielektrikum und keramischer Isolation, versilberter Kupferdraht, bei UKW auch versilbertes Kupferrohr.

3.48. Skizzieren Sie die Resonanzkurve eines Parallelschwingkreises (relative Schwingkreisspannung als Funktion der Frequenz), und erläutern Sie diese!

Die Schwingungsamplitude ist bei der Resonanzfrequenz f_0 am größten. Die absolute Höhe und Breite der Resonanzkurve hängen im wesentlichen von der Dämpfung des Schwingkreises ab. Der Abstand der Frequenzen, bei denen die Amplitude auf $1/2\sqrt{2} \triangleq 70{,}7\,\%$ abgefallen ist, wird als Bandbreite bezeichnet (Bild 3.14).

3.49. Was sind stehende Wellen?

Eine stehende Welle tritt auf, wenn die an einer Grenzfläche reflektierte Welle mit der einfallenden Welle interferiert. Es bilden sich Stellen mit maximaler Spannung (Spannungsbauch) und mit minimaler Spannung (Spannungsknoten) aus. Der Abstand zwischen zwei benachbarten Schwingungsknoten beträgt gerade eine halbe Wellenlänge ($\lambda/2$).
Bei elektromagnetischen Wellen entstehen eine stehende Spannungswelle und eine stehende Stromwelle. Der Abstand zwi-

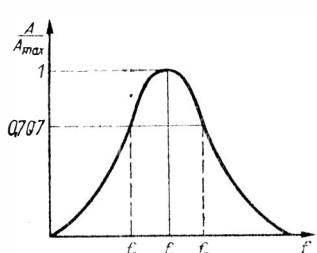


Bild 3.14
Resonanzkurve $b = f_2 - f_1$
Beispiel: $f_0 = 470$ kHz, $f_1 = 462$ kHz, $f_2 = 479$ kHz, $b = 17$ kHz.

schen zwei benachbarten Schwingungsknoten einer Spannungs- und einer Stromwelle beträgt eine viertel Wellenlänge. Stehende elektromagnetische Wellen kann man mit einer Lecher-Leitung nachweisen.

3.50. Was sind Wanderwellen?

Wanderwellen sind elektromagnetische Wellen, die sich längs einer Leitung ausbreiten. Spannung und Stromstärke sind an allen Stellen der Leitung gleich groß. Schwingungsknoten oder Schwingungsbäuche treten nicht auf.

4. Elektronik – Bauelemente und ihre Schaltungstechnik

4.1. Welche Arten von Schichtwiderständen sind Ihnen bekannt?

– Kohleschichtwiderstände (Glanzkohle, Borkohle);
– Metallschichtwiderstände, diese haben die besten Eigenschaften bezüglich Konstanz und Lebensdauer.

4.2.* In welcher Abstufung sind Schichtwiderstände lieferbar?

Die Abstufung erfolgt nach vier Standardreihen (internationale „E-Reihen"), und zwar

E 6: 6 Werte in einer Zehnerpotenz, Toleranz ± 20%,
E 12: 12 Werte in einer Zehnerpotenz, Toleranz ± 10%,
E 24: 24 Werte in einer Zehnerpotenz, Toleranz ± 5%,
E 48: 48 Werte in einer Zehnerpotenz, Toleranz ± 2%.

4.3. Wozu verwendet man Thermistoren?

Thermistoren sind Halbleiterwiderstände mit stark negativem Temperaturkoeffizienten. Man verwendet sie als Anlaßwiderstände (TNA-Typen) zur Begrenzung von Einschaltstromstößen (Schutz der Skalenlampen bei Allstromheizung) und als Temperaturmeßfühler (TNM-Typen) sowie als Kompensationselemente (TNK-Typen) zur Temperaturkompensation in Transistorschaltungen und zum Ausgleich des positiven Temperaturkoeffizienten anderer Bauelemente.

4.4. Welcher Unterschied besteht zwischen Potentiometern mit a) linearer, b) logarithmischer Einstellcharakteristik?

a) Widerstandsänderung ist proportional dem Drehwinkel,
b) Widerstandsänderung ist proportional dem Logarithmus des Drehwinkels (wird u. a. zur gehörrichtigen Lautstärkeeinstellung verwendet).

4.5. Welche Bedeutung haben die an den Potentiometeranschlüssen vorgesehenen Bezeichnungen A, S und E?

A = Anfang der Widerstandsbahn (Schleifer am linken Anschlag),
S = Schleifer,
E = Ende der Widerstandsbahn (Schleifer am rechten Anschlag).

4.6. Erläutern Sie den prinzipiellen Aufbau und die wesentlichen Eigenschaften von a) Papierwickel-, b) MP-, c) Keramik-, d) Lackfilm-, e) Aluminiumelektrolyt- und f) Tantalelektrolyt-Kondensatoren!

a) Al-Folien und isolierende paraffin- oder ölgetränkte Papierstreifen (Dielektrikum) bilden zusammengewickelt die gewünschte Kapazität, wegen ihres großen Verlustwinkels nicht für HF geeignet.

b) Papierstreifen mit sehr dünner Metallschicht bedampft; MP-Kondensatoren haben dadurch ein hohes Kapazitäts-Volumenverhältnis; sie sind selbstheilend, d. h., nach einem Durchschlag sind sie nicht unbrauchbar wie Papierwickelkondensatoren.

c) Dielektrikum besteht aus einer speziellen keramischen Masse, die eine hohe Güte und damit Verwendbarkeit bis zu höchsten Frequenzen gewährleistet, die Beläge bestehen aus gebrannten Silberschichten.

d) Wie a), Dielektrikum wird durch eine äußerst dünne Lackschicht gebildet; deshalb große Kapazitätswerte bei kleinem Volumen.

e) Kondensatorbeläge bestehen aus Reinstaluminium; das Dielektrikum wird bei der Formierung gebildet, es besteht aus einer Aluminiumoxidschicht auf einem der Beläge (Anode). Zwischen den Belägen befindet sich der in Fließpapier gebundene Elektrolyt (Borsäure, Borax). Elektrolytkondensatoren haben geringe zeitliche Konstanz und Lebensdauer sowie geringen Isolationswiderstand.

f) Ähnlich e), aber mit Tantalpentoxid als Dielektrikum, Tantal als Katode und Manganoxid als Anode; wesentlich

teurer als e), aber hohe zeitliche Konstanz, hohe Lebensdauer und großen Isolationswiderstand.

4.7. Was ist beim Einbau von Elektrolytkondensatoren zu beachten?

Elektrolytkondensatoren sperren Gleichstrom nur in einer Richtung, die vorgeschriebene Einbaupolarität ist zu beachten. Ferner darf die Summe aus anliegender Gleichspannung und der ihr überlagerten Wechselspannung weder die maximal zulässige Betriebsspannung des Kondensators überschreiten noch die Polaritätsvorschrift verletzen (Bild 4.1).

4.8. Was ist beim Einbau von Abblockungskondensatoren zu beachten?

Der vom Hersteller gekennzeichnete Außenbelag ist mit Masse (Nullpotential des Geräts) zu verbinden.

4.9.* Was versteht man unter dem Temperaturkoeffizienten der Kapazität (TK-Wert), und welche Bedeutung hat dieser für die Funkgerätetechnik?

Der TK-Wert gibt die relative Kapazitätsänderung eines Kondensators je Grad Temperaturänderung an; er kann positiv oder negativ sein. $\Delta C = C_0 \cdot \Delta\vartheta \cdot TK$, C_0 = Kapazität bei 20 °C. Durch die temperaturbedingte Kapazitätsänderung wird die Resonanzfrequenz von Schwingkreisen beeinflußt. Durch geeignete Kombination mehrerer Kondensatoren mit unterschiedlichem TK-Wert kann dieser Einfluß weitgehend gemindert werden.

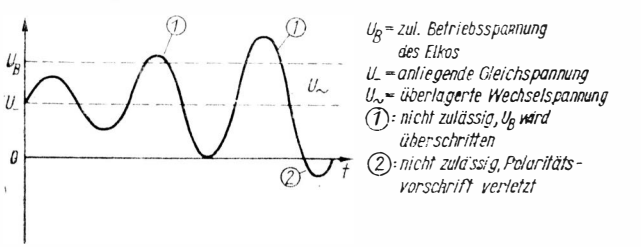


Bild 4.1 Spannungsbelastungsfälle eines Elektrolytkondensators

4.10. Welche Arten von Halbleitergleichrichtern verwendet man für die Gleichrichtung von Wechselspannungen in Stromversorgungseinheiten elektronischer Geräte?

Selengleichrichter (ältere Art, aber noch gebräuchlich), Germanium- und Siliziumgleichrichter.

4.11. Der prinzipielle Aufbau und das Schaltsymbol einer Silizium-Gleichrichterdiode sind anzugeben.

Eine Si-Diode besteht aus einer Silizium-Einkristallscheibe mit unterschiedlich dotierten Schichten (n- und p-dotiert). Die zwischen der n- und der p-Zone entstandene Grenzschicht bewirkt den Gleichrichtereffekt (Bild 4.2).

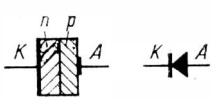


Bild 4.2
Aufbau und Symbol einer Halbleiterdiode

4.12. Bei welcher Polung einer Halbleiterdiode liegt Sperr-, bzw. Durchlaßpolung vor (Skizze; siehe Bild 4.3)?

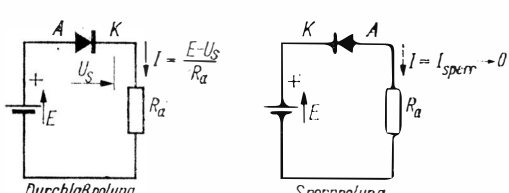


Bild 4.3 Durchlaß- und Sperrpolung einer Diode

4.13.* Skizzieren Sie die Strom-Spannungs-Kennlinie einer Si-Diode (Bild 4.4)!

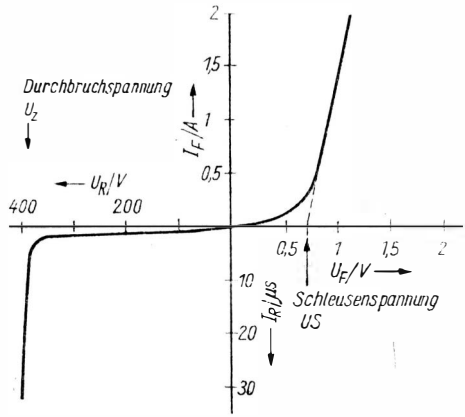


Bild 4.4 Strom-Spannungs-Kennlinie einer Diode

4.14.* Welche charakteristischen Kennwerte sind bei der Auswahl von Gleichrichterdioden zu berücksichtigen?

Maximal zulässige Sperrspannung und maximal zulässige Durchlaßstromstärke.

4.15.* Bei welchen Dioden wird das Durchbruchsgebiet in der Sperrichtung praktisch ausgenutzt?

Das Durchbruchsgebiet wird bei der Z-Diode (frühere Bezeichnung „Zener-Diode") ausgenutzt. Da sich die Durchbruchsspannung nur geringfügig mit der Stromstärke ändert, kann man Spannungsstabilisierungsschaltungen realisieren.

4.16.* Welche Eigenschaften weisen Kapazitätsdioden auf?

Die Kapazität der Grenzschicht ist abhängig von der anliegenden Sperrspannung. Man kann deshalb Kapazitätsdioden zur manuellen oder automatischen Abstimmung von Schwingkreisen verwenden.

4.17. Was versteht man unter einem bipolaren Transistor, und welche Dotierungsfolgen sind möglich?

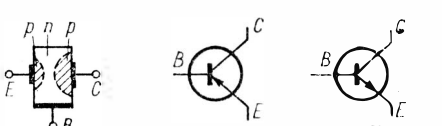
Transistor = Halbleiterstruktur mit zwei p-n-Übergängen und strom- bzw. spannungsverstärkender Eigenschaft.
Es gibt p-n-p- und n-p-n-Strukturen auf Germanium- oder Siliziumbasis. Die drei Anschlüsse des Transistors heißen: Emitter (E), Basis (B) und Kollektor (C) — Bild 4.5.

4.18.* Nennen Sie einige nach ihrer Herstellungstechnologie bezeichnete gebräuchliche Transistorarten!

Legierungstransistoren: nur für niedrige Frequenzen geeignet;
Diffusions-Legierungstransistoren: auch für HF geeignet (spezielle Form ist der Mesa-Transistor);
Planartransistor: für NF und HF brauchbar, nur Silizium;
Planar-Epitaxialtransistor: für NF und HF brauchbar, nur Si, besondere Eigenschaften sind geringe Restspannung, und er läßt sich für große Kollektor-Emitter-Spannungen herstellen.

4.19. Welche Vorzüge weisen Transistoren gegenüber Elektronenröhren auf?

Es ist keine Heizleistung nötig, niedrige Betriebsspannungen, höherer Wirkungsgrad, kleines Volumen und Gewicht;
in manchen Fällen kann die erforderliche Steuerleistung (kleiner Eingangswiderstand) nachteilig sein und spezielle Schaltungsvarianten erfordern.
Transistoren sind außer für leistungsstarke Senderendstufen für alle Zwecke verwendbar, die bisher von Röhren erfüllt



prinzipieller Aufbau eines p-n-p-Legierungs-Transistors

Bild 4.5 Aufbau eines p-n-p-Legierungstransistors und Symbole für p-n-p- und n-p-n-Transistoren

wurden (NF- und HF-Verstärkung, Schwingungserzeugung, Gleichrichtung und Mischung, Schalteranwendungen).

4.20. Was versteht man unter Feldeffekt-Transistoren (FET), und welche FET-Strukturen sind Ihnen bekannt?

Man unterscheidet Sperrschicht-FET (SFET) und Isolierschicht-FET (MOSFET). Im Gegensatz zu bipolaren Transistoren benötigen FET keine Steuerleistung. Besonders der MOSFET kann in seinem Verhalten mit der Hochvakuumröhre (Pentode) verglichen werden. FET werden auch als unipolare Transistoren bezeichnet.

4.21.* Skizzieren Sie den prinzipiellen Aufbau eines MOSFET und geben Sie die Elektrodenbezeichnungen an (Bild 4.6)!

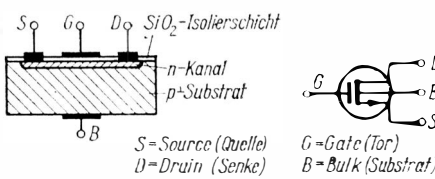


Bild 4.6 Aufbau und Symbol eines MOSFET

4.22.* Was ist bei der Handhabung und beim Einbau von MOSFET zu beachten?

Die SiO_2-Schicht zwischen Gate und Kanal ist ein hochwertiger Isolator und äußerst dünn. Statische Aufladungen des Gate, wie sie bereits durch Berührung mit der Hand auftreten können, führen leicht zum Durchschlag der Schicht und damit zur sofortigen Zerstörung des Transistors. Die vom Hersteller vorgesehene Kurzschlußverbindung zwischen den Elektrodenanschlüssen darf deshalb erst nach erfolgtem Einbau des FET in die Schaltung entfernt werden.
Mancher MOSFET hat eine integrierte Gateschutzdiode; der Isolationswiderstand dieser FET-Typen zwischen Gate und Kanal ist allerdings wenigstens eine Zehnerpotenz kleiner.

4.23.* Das Ausgangs-Kennlinienfeld eines a) bipolaren und b) unipolaren Transistors (MOSFET, n-Kanal-Verarmungstyp) ist zu skizzieren (Bild 4.7)!

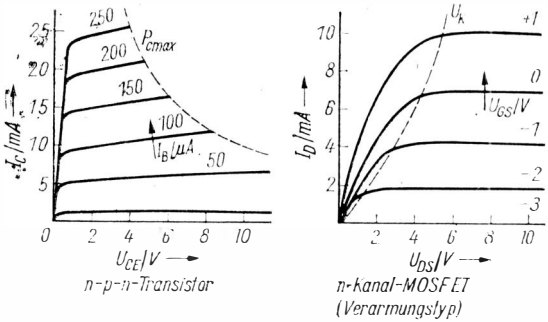


Bild 4.7 Ausgangskennlinienfelder eines n-p-n-Transistors und eines n-Kanal-MOSFET vom Verarmungstyp

4.24. Was versteht man unter direkt und indirekt geheizten Röhren, und was ist über ihre Verwendungsmöglichkeit zu sagen?

Bei direkt geheizten Röhren ist der Heizfaden gleichzeitig die Katode, von der die Elektronen emittiert werden. Indirekt geheizte Röhren haben als Katode ein Nickelröhrchen, auf dem meist eine Bariumoxidschicht aufgebracht ist. In diesem Nickelröhrchen befindet sich der elektrisch von der Katode isolierte Heizfaden. Direkt geheizte Röhren haben heute nur noch als leistungsstarke Sender-Endröhren praktische Bedeutung.

4.25. Welche Funktion haben Katode, Anode und Steuergitter einer Elektronenröhre?

Von der Katode werden die Elektronen emittiert, die auf Grund der an der Anode anliegenden positiven Spannung zur Anode fliegen. Das Gitter dient zur Steuerung des Elektronenstroms. Stark negativ aufgeladen, schwächt es den Anodenstrom, weniger negativ aufgeladen, läßt es den Anodenstrom ansteigen.

4.26. Was versteht man unter der I_a-U_g-Kennlinie einer Röhre

In ein Koordinatensystem trägt man auf der senkrechten Achse den Anodenstrom I_a in mA und auf der waagerechten Achse die Gitterspannung U_g in V auf. Bei einer bestimmten Röhre wird durch Messungen festgestellt, welcher Anodenstrom zur jeweiligen Gitterspannung gehört. Verbindet man die einzelnen Meßpunkte, so erhält man als Kurve die I_a-U_g-Kennlinie der Röhre mit U_a = Parameter (Bild 4.8).

4.27.* Was versteht man unter Steilheit, Durchgriff und innerem Widerstand einer Röhre?

Unter der Steilheit ist der Anstieg der I_a-U_g-Kennlinie zu verstehen (Bild 4.8). Die Steilheit bedeutet also das Verhältnis von Anodenstromänderung zu Gitterspannungsänderung bei konstanter Anodenspannung.

$$\text{Steilheit } S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_g}$$

In ähnlicher Weise werden in einem Kennlinienfeld Durchgriff und innerer Widerstand abgelesen.
Der Durchgriff ist ein Verhältnis der Gitterspannungsänderung

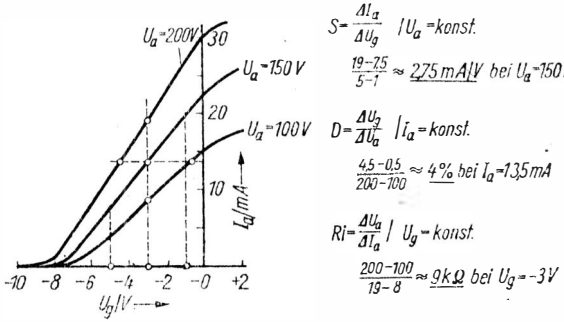


Bild 4.8 I_a-U_g-Kennlinienfeld einer Elektronenröhre

zur Anodenspannungsänderung bei konstantem Anodenstrom.

$D = \frac{\Delta U_g}{\Delta \text{-} U_a}$; der Durchgriff wird in Prozent angegeben. Unter dem inneren Widerstand versteht man das Verhältnis von Anodenspannungsänderung zu Anodenstromänderung bei konstanter Gitterspannung $R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}$.

4.28.* Erläutern Sie an Hand der Kennlinie den Unterschied zwischen A-, B- und C-Betrieb einer Verstärkerröhre!

Durch die Wahl der Gittervorspannung ist es möglich, den Arbeitspunkt der Röhre auf einen beliebigen Teil der Kennlinie zu legen. Befindet sich der Arbeitspunkt in der Mitte des geraden Teils der Kennlinie, so spricht man vom A-Betrieb. Unter B-Betrieb versteht man, daß der Arbeitspunkt im unteren Knick der Kennlinie liegt. Bei C-Betrieb ist die Gittervorspannung so hoch, daß sich der Arbeitspunkt links des unteren Knickes befindet.

4.29. Welchen Aufbau haben Triode, Tetrode und Pentode?

Die Triode hat als einfachste Form einer Verstärkerröhre drei Elektroden (Katode, Steuergitter, Anode).

Die Tetrode weist vier Elektroden auf. Es kommt hier noch das Schirmgitter hinzu, das sich zwischen Steuergitter und Anode befindet. Das Schirmgitter soll die Anode vom Steuergitter abschirmen (Verkleinerung von Gitteranodenkapazität und Anodenrückwirkung).

Bei der Pentode befindet sich zwischen dem Schirmgitter und der Anode noch das Bremsgitter. Durch das Bremsgitter werden die aus der Anode herausgeschlagenen Sekundärelektronen abgebremst und kehren zur Anode zurück.

4.30. Erklären Sie den Begriff „Anodenverlustleistung"!

Die Anodenverlustleistung P_{av} ist die Leistung, die infolge des Elektronenaufpralls auf die Anode in Wärme umgesetzt

wird. Sie ist gleich der Differenz aus der der Anode insgesamt zugeführten Leistung $P_a = U_a \cdot I_a$ und der abgegebenen Nutzleistung P_{nutz}; $P_{av} = P_a - P_{nutz}$.

4.31. Wodurch wird die einer Batteriezelle zu entnehmende Stromstärke bestimmt?

Die zu entnehmende Stromstärke wird durch die Größe der Elektrodenflächen bestimmt. Je größer diese Flächen einer Batterie, um so größer die zu entnehmende Stromstärke und umgekehrt. Die Flächengröße kann auch durch Parallelschalten von Platten vergrößert werden.

4.32. Was verstehen wir unter der Kapazität einer chemischen Stromquelle?

Als Kapazität bezeichnet man die maximale Lademenge, die ein Sammler aufnehmen kann.
Sie wird in Amperestunden (Ah) angegeben. Die Ah-Angabe sagt aus, wieviel Stunden eine bestimmte Stromstärke aus einem Sammler entnommen werden kann. Ein Absinken der Temperatur bewirkt besonders bei Bleisammlern einen starken Kapazitätsabfall.

4.33. Bei welcher Stromart können Netztransformatoren verwendet werden?

Netztransformatoren können grundsätzlich nur bei periodischen Wechselströmen sowie bei „zerhacktem" Gleichstrom verwendet werden. Der Anschluß von Netztransformatoren an Gleichstrom führt zur Zerstörung des Transformators.

4.34. Welche Verluste treten in einem Transformator auf?

Man spricht von Kupfer- und Eisenverlusten. Die Kupferverluste entstehen durch den ohmschen Widerstand der Wicklungen, an dem Spannungsabfälle auftreten. Die Eisenverluste sind auf die dauernden Ummagnetisierungen des Eisenkerns

zurückzuführen. Der Gesamtwirkungsgrad eines Kleintransformators ($\approx$ 10 ... 500 W) beträgt etwa 80 ... 95%.

4.35. Wie verhalten sich bei einem idealen Transformator Spannungen, Windungszahlen und Stromstärken?

Das Verhältnis der Spannungen ist proportional dem Verhältnis der Windungszahlen, $U_p : U_s = W_p : W_s$. Die Stromstärken verhalten sich umgekehrt wie die Spannungen, also auch umgekehrt wie die Windungszahlen, $I_p : I_s = U_s : U_p = W_s : W_p$. Diese Beziehungen gelten nur für den verlustfreien Transformator.

4.36.* Auf einem vorhandenen Netztransformator befindet sich unter anderen eine Heizwicklung von 4 V und 2 A. Benötigt werden jedoch 6,3 V und 2 A. Die 4-V-Wicklung hat 20 Windungen. Raum für Zusatzwindungen ist vorhanden. Wieviel Windungen sind noch aufzubringen, und wie dick muß der Draht sein?

Die Windungszahl je V ist $\frac{\text{Wdg.}}{\text{U}} = \frac{20\ \text{Wdg.}}{4\ \text{V}} = 5\,\frac{\text{Wdg.}}{\text{V}}$;

für 6,3 V brauchen wir insgesamt

$5\,\frac{\text{Wdg.}}{\text{V}} \cdot 6{,}3\ \text{V} = 31{,}5\ \text{Wdg.}$; also sind noch 11,5 Wdg. aufzubringen. Die Drahtstärke bleibt gleich, da die gleiche Stromstärke fließen wird.

4.37. Welche beiden Grundformen der Gleichrichtung gibt es?

a) Einweg-Gleichrichtung;

b) Zweiweg-Gleichrichtung.

4.38.* Es sind zu skizzieren a) Einweg-, b) Zweiweg-Mittelpunkt- und c) Brücken-Gleichrichterschaltung (Bild 4.9)!

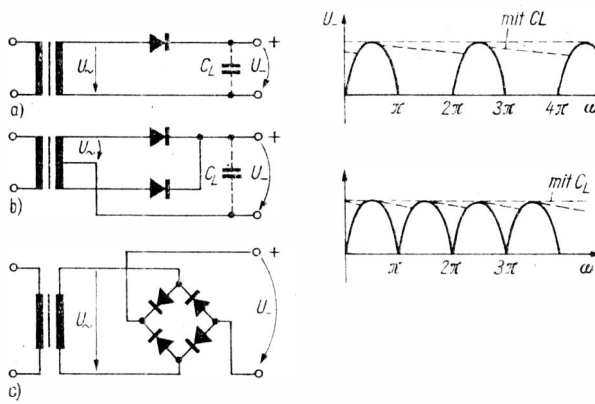


Bild 4.9 Einphasen-Gleichrichterschaltungen

4.39.* Für welche Betriebsspannung ist der Ladekondensator eines Netzteils auszulegen, wenn die gleichzurichtende Wechselspannung 24 V beträgt?

Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß das Netzteil auch unbelastet betrieben wird, muß die zulässige Betriebsspannung des Kondensators mindestens gleich der Spitzenspannung der angelegten effektiven Wechselspannung sein,

$$U_B \geqq \sqrt{2} \cdot U\sim = \sqrt{2} \cdot 24\ V = 34\ V\,.$$

Ein Elektrolytkondensator für 35 V würde gerade ausreichen.

4.40.* Für welche Sperrspannung, bezogen auf die gleichzurichtende Wechselspannung, ist jede Gleichrichterdiode in den Schaltungen nach Aufgabe 4.38. auszulegen?

a) $U_{sp} \geqq \sqrt{2} \cdot U\sim$, ohne Ladekondensator,
$U_{sp} \geqq 2 \cdot \sqrt{2} \cdot U\sim$ mit Ladekondensator.

b) $U_{sp} \geqq 2 \cdot \sqrt{2} \cdot U\sim$, ohne und mit Ladekondensator.

c) $U_{sp} \geqq \sqrt{2} \cdot U\sim$, ohne und mit Ladekondensator.

4.41. Skizzieren Sie eine Spannungsstabilisierungsschaltung mit Z-Diode für eine stabilisierte Gleichspannung von etwa 6 V (Bild 4.10)!

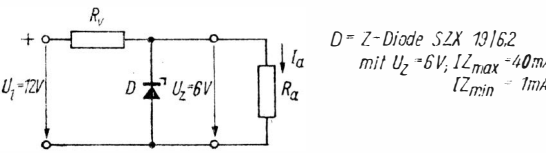


Bild 4.10 Schaltung zur Spannungsstabilisierung mit Z-Diode

4.42.* In der Schaltung nach Aufgabe 4.41. schwanke U_1 zwischen 10 V und 14 V, der Verbraucherstrom habe $I_a = 20$ mA (konstant). Welchen Wert muß R_v erhalten?

a) R_v muß so groß sein, daß die Z-Diode auch bei U_{1max} nicht überlastet wird:

$$R_v = \frac{U_{1max} - U_z}{I_{zmax} + I_{amin}} = \frac{8\ V}{60\ mA} = 0{,}144\,\Omega\ .$$

b) R_v muß andererseits so klein sein, daß auch bei U_{1min} noch I_{zmin} durch die Diode fließt (sonst ist keine stabilisierende Wirkung mehr vorhanden):

$$R_v = \frac{U_{1min} - U_z}{I_{zmin} + I_{amax}} = \frac{4\ V}{21\ mA} = 0{,}190 k\Omega\ .$$

R_v muß also zwischen 144 und 190 Ω liegen. Ein Standardwert wäre 160 Ω.
Die Belastung des Vorwiderstands beträgt

$$P_{Rv} = \frac{(U_{1max} - U_z)^2}{R_v} = \frac{64\ V^2}{160\,\Omega} = 0{,}4\ W, \text{ gewählt } 1\ W\ .$$

4.43.* Skizzieren Sie eine Spannungsverdopplerschaltung zur Erzeugung einer Gleichspannung von 500 ... 600 V direkt aus dem 220-V-Netz (Bild 4.11)!

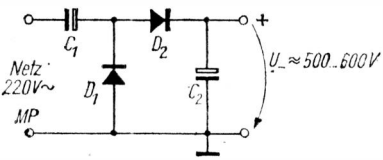


Bild 4.11 Spannungsverdopplerschaltung

4.44.* Welche Sicherheitsmaßnahmen sind für die in Aufgabe 4.43. entwickelte Schaltung zu treffen?

a) Durch geeignete Schaltungsmaßnahmen muß die Nulleitung (MP) des Netzes zwangsläufig mit dem Massepotential des Geräts in Verbindung stehen,

b) das Netz muß eine einwandfreie Nullung gewährleisten.

4.45.* In Bild 4.12 ist eine NF-Verstärkerstufe mit bipolarem Transistor dargestellt. Die Aufgabe der einzelnen Bauelemente soll erläutert werden.

T: Verstärker-Transistor;

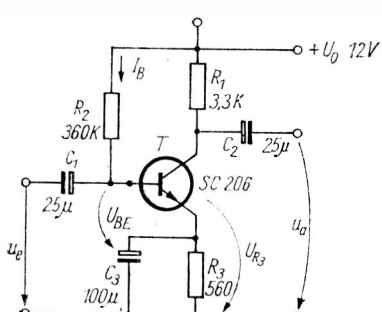


Bild 4.12 Einstufige NF-Verstärkerschaltung mit n-p-n-Transistor in Emitterschaltung

C_1, C_2: Koppelkondensatoren, Trennung von Gleich- und Wechselgrößen;

R_1: Basisvorwiderstand zur Einstellung des Arbeitspunktes

$$R_1 = \frac{U_0 - (U_{BE} + U_{R3})}{I_B};$$

R_2: Kollektorwiderstand, Arbeitswiderstand für die Ausgangswechselspannung, an R_2 erzeugt der Kollektorwechselstrom die verstärkte Wechselspannung u_a;

R_3: Emitterwiderstand, durch R_3 entsteht eine Strom-Gegenkopplung zur Stabilisierung des Arbeitspunktes;

C_3: er verhindert eine Gegenkopplung der Wechselspannung und damit einen Verstärkungsabfall.

4.46.* Durch welche Bauelemente in der Schaltung nach Bild 4.12 wird a) die untere Grenzfrequenz, b) die obere Grenzfrequenz beeinflußt?

a) durch C_1, C_2, C_3; je größer die Kapazitätswerte, desto niedriger die Grenzfrequenz;

b) durch R_1; je kleiner R_1, desto höher die obere Grenzfrequenz; ferner abhängig vom Transistortyp.

4.47.* Es ist zu erläutern, wodurch der Arbeitspunkt in der MOSFET-NF-Verstärkerschaltung nach Bild 4.13 festgelegt wird.

Der Arbeitspunkt stellt sich durch Gegenkopplung im Source-Zweig (Spannungsabfall am Widerstand R_3) ein.

4.48. Was versteht man unter einer integrierten Schaltung (IS), und welche technologisch bedingten Arten sind Ihnen bekannt?

Unter einer IS versteht man eine elektronische Funktionseinheit, die aus mehreren unlösbar miteinander verbundenen Bauelementen besteht. Solche Funktionseinheiten sind z. B. komplette NF-Verstärker, Operationsverstärker, Stabilisierungsbausteine, ZF-Verstärker und alle Arten digitaler Schal-

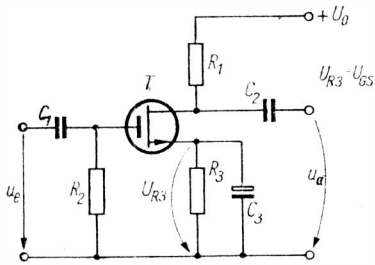


Bild 4.13 Einstufige NF-Verstärkerschaltung mit MOSFET

tungen bis zu kompletten Zählern und Anzeigeeinheiten.
Man unterscheidet

a) Filmschaltkreise in Dick- und Dünnfilmtechnik (herstellbar sind Leitungen, Widerstände und Kondensatoren);
b) Festkörperschaltkreise, monolithische Schaltkreise (herstellbar sind Leitungen, Widerstände, Dioden und Transistoren);
c) Hybridschaltkreise (Dioden und Transistoren sind als diskrete Bauelemente in einen Filmschaltkreis eingelötet).

4.49. Welche Vorteile ergeben sich durch den Einsatz von integrierten Schaltungen?

Hohe Raumausnutzung (geringes Volumen und Gewicht), optimale Dimensionierung, kostengünstige Realisierung komplizierter Schaltungen, wenig Verbindungsleitungen und sehr große Zuverlässigkeit.

4.50. Was versteht man unter optoelektronischen Bauelementen?

Man versteht darunter solche Bauelemente, in denen Licht in elektrische Größen oder elektrische Energie in Licht umgewandelt wird. Zur ersten Gruppe gehören Fotowiderstände, Fotoelemente, Fotodioden und Fototransistoren, ferner Fotozellen und Sekundärelektronenvervielfacher.
Zur zweiten Gruppe sind zu zählen: Ziffernanzeigeröhren, Lumineszenzdioden (Leuchtpunkte oder Zifferndarstellungen), Flüssigkeitskristall-Anzeigeeinheiten.

Die Kombination beider Gruppen (z. B. Lumineszenzdiode und Fototransistor) ergibt die sogenannten optoelektronischen Koppler, die zur Signalübertragung bei vollständiger galvanischer Trennung zwischen Steuerkreis (Sender) und Wirkungskreis (Empfänger) dienen.

4.51. Der prinzipielle Aufbau eines elektromagnetischen Relais ist an einer Skizze zu erläutern, sein Schaltsymbol mit je einem Öffner (Ruhekontakt), Schließer (Arbeitskontakt) und Umschaltkontakt ist darzustellen (Bild 4.14).

Bei Stromfluß durch die Spule (Steuerkreis) werden der Anker angezogen und die Kontakte betätigt (Ruhekontakte öffnen, Arbeitskontakte schließen). Die mit den Kontakten in Verbindung stehenden Wirkungskreise sind galvanisch vom Steuerkreis getrennt.

4.52. Wozu verwendet man Quarz-Bauelemente?

Aus einem Quarzkristall (künstlich gezüchtet) geschnittene und geschliffene Quarzscheiben werden in geeigneter Weise gehaltert und mit Elektroden versehen. Sie verhalten sich ähnlich wie ein L/C-Schwingkreis mit sehr hoher Güte.

Quarze werden zusammen mit Röhren oder Transistoren in Oszillatorschaltungen zur Erzeugung einer festen Frequenz mit sehr hoher Stabilität verwendet.

Ferner eignen sie sich zum Aufbau hochwertiger Bandfilter mit nahezu idealer Durchlaßkurve und großer Flankensteilheit.

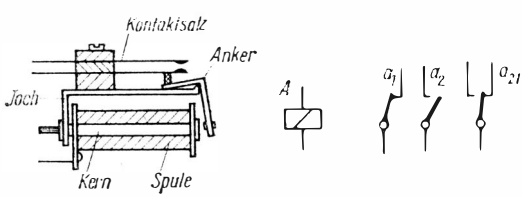


Bild 4.14 Aufbau und Symbol eines elektromagnetischen Relais

4.53. Was versteht man unter einem mechanischen Filter?
In mechanischen Filtern wird die magnetostriktive Eigenschaft ferromagnetischer Stoffe ausgenutzt, deren Schwingfrequenz ausschließlich von den mechanischen Abmessungen der sogenannten Resonatoren abhängt. Mehrere mechanische Resonatoren sind miteinander gekoppelt. Die Umwandlung der elektrischen in mechanische Schwingungen am Filtereingang und die Rückverwandlung der mechanischen in elektrische Schwingungen geschieht durch magnetische Kopplung zwischen einer Spule und einem Resonator. Mechanische Filter entsprechen in ihren Gebrauchseigenschaften den Quarzfiltern. Sie lassen sich jedoch nur bis zu Frequenzen um 500 kHz realisieren.

5. Ausbreitung elektromagnetischer Wellen

5.1. Welche Ausbreitungsarten, speziell der Kurzwellen, unterscheiden wir?

Wir unterscheiden Raumstrahlung und Bodenstrahlung. Man spricht auch von Raum- und Bodenwelle.

5.2. Welcher der beiden Strahlungen kommt die größere praktische Bedeutung zu und warum?

Für den Kurzwellen-Funkverkehr ist ausschließlich die Raumwelle von Bedeutung, weil sie die Nachrichtenübermittlung über große Entfernungen ermöglicht.

5.3. Welche Eigenschaften hat die Bodenwelle?

Die Bodenwelle pflanzt sich längs der Erdoberfläche fort und wird je nach Frequenz mehr oder weniger stark absorbiert. Je höher die Frequenz der ausgestrahlten Schwingung, desto geringer die Reichweite der Bodenwelle. Die Reichweite der Bodenwelle ist außerdem stark von der Sendeleistung abhängig.

5.4. Der Ausbreitungsmechanismus der Raumwelle soll im Prinzip erklärt werden.

Die Raumwelle wird je nach Art der Sendeantenne unter einem bestimmten Winkel schräg nach oben gestrahlt und an reflek-

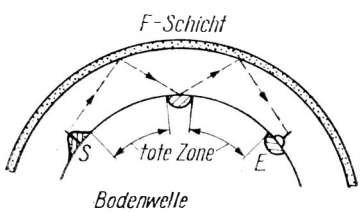


Bild 5.1 Ausbreitung der Raumwelle

tierenden Schichten der Ionosphäre, die im Prinzip wie ein Spiegel wirken, zur Erde zurückgeworfen. Dabei gilt das Reflexionsgesetz: Einfallswinkel = Ausfallswinkel . Die Erdoberfläche kann den Funkstrahl erneut zur Ionosphäre reflektieren, so daß sich der Vorgang mehrfach wiederholt. Die Ausbreitung erfolgt also in Sprüngen (Bild 5.1.).

5.5. Wie groß ist die ungefähre Sprungentfernung bei einer Sendefrequenz von 14 MHz?

Sie beträgt etwa 1000 ... 3000 km. Für eine Verbindung nach den USA sind also 6 bis 2 Sprünge erforderlich.

5.6. In der Ionosphäre existieren mehrere reflektierende Schichten. Welche sind das, und in welcher Höhe über der Erdoberfläche liegen sie etwa?

Die reflektierenden Schichten sind folgende:
D-Schicht in Höhen bis zu 80 km;
E-Schicht in 100 ... 120 km Höhe;
F-Schicht, die sich im Sommer in die F_1- und die F_2-Schicht aufspaltet, in 200 ... 800 km Entfernung über der Erdoberfläche.

5.7. Wodurch entstehen die reflektierenden Schichten?

Ihre Entstehung beruht auf der Sonnenstrahlung, hauptsächlich der ultravioletten Strahlungskomponente.

5.8. Es ist zu erläutern, in welcher Weise die drei genannten Schichten an der Ausbreitung beteiligt sind!

D-Schicht: Sie wirkt im Kurzwellenbereich nur dämpfend, Reflexionen finden nicht statt.
E-Schicht: Bei genügender Dichte der Schicht finden Reflexionen statt, die Sprungentfernung ist relativ kurz (kleiner 1000 km);
F-Schicht: An ihr erfolgen die Reflexionen, die für den DX-Verkehr notwendig sind.

5.9. Was sind short-skip-Bedingungen, auf welchen Bändern treten sie auf, nnd wie sind sie zu erklären?

Short-skip heißt kurzer Sprung. Wenn derartige Bedingungen bestehen, sind auf den hochfrequenten Bändern Verbindungen über kurze Entfernungen (100 ... 800 km) möglich; dabei liegen die Lautstärken bei S 9 und darüber.

Die Bedingungen treten besonders auf 14, 21 und 28 MHz in Erscheinung; sie können aber auch bis 150 MHz wirksam sein. Bei short-skip-Bedingungen finden die Reflexionen ausschließlich an der E-Schicht bzw. an der sogenannten sporadischen E-Schicht statt. Durch intensive ultraviolette Strahlung der Sonne (besonders im Sommer) ergeben sich gute Reflexionseigenschaften dieser Schicht. Die sporadische E-Schicht hat häufig wolkenähnliche Struktur, sie ist also keine geschlossene „Fläche". Diese Wolken wandern, so daß die charakteristischen Ausbreitungsbedingungen oft nur für kurze Zeit bestehen.

5.10. Was versteht man unter M-Reflexion, wie kommt sie zustande?

Der Strahlenverlauf bei M-Reflexion ist in Bild 5.2 dargestellt. An der M-Reflexion sind zwei Schichten beteiligt, die F- und die (sporadische) E-Schicht. Dabei reflektiert die E-Schicht mit ihrer Oberseite. Über M-Reflexionen kommen Verbindungen zustande, für die es unter normalen Bedingungen keinen Ausbreitungsweg gibt.

5.11. Was versteht man unter toter Zone?

Als tote Zonen bezeichnet man solche Gebiete, in denen die Bodenwelle des Senders vollständig absorbiert ist und reflek-

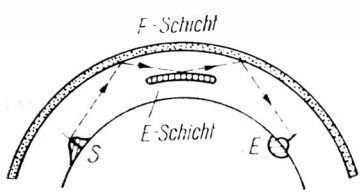


Bild 5.2 M-Reflexion

tierte Wellen nicht auftreten. Der Radius toter Zonen ist von der Sendefrequenz, der Tages- und der Jahreszeit abhängig.

5.12. Was ist ein Moegel-Dellinger-Effekt (MDE), und wie kommt er zustande?

Ein MDE ist eine plötzlich einsetzende Schwunderscheinung mit einer Dauer zwischen wenigen Minuten und mehreren Stunden. Der MDE ist gekennzeichnet durch sehr starke Dämpfung bis zu völliger Auslöschung des Empfangs. Er tritt nur auf Funklinien auf, die ganz oder zum größten Teil im Tageslicht liegen. Niedere Frequenzen werden stärker in Mitleidenschaft gezogen als hohe.

Der MDE hat seine Ursache in einer starken Wasserstofferuption auf der Sonne, bei der gleichzeitig eine außerordentlich intensive ultraviolette Strahlung auftritt. Durch die UV-Strahlung bildet sich in 50 ... 80 km Höhe eine stark dämpfende D-Schicht aus, die eine Reflexion an den höher liegenden E- und F-Schichten verhindert.

5.13. Was versteht man unter Schwund (Fading, QSB), und wie kommt er zustande?

Schwund macht sich durch fortlaufende Feldstärkeschwankungen am Empfangsort bemerkbar. Er kann verschiedene Ursachen haben. Die bekannteste ist das Zusammentreffen der Raum- und der Bodenwelle am Empfangsort. Infolge der unterschiedlichen Länge der zurückgelegten Wege kommen die beiden Wellenzüge mit unterschiedlicher Phasenlage an, so daß sich ihre Amplituden durch Addition bzw. Subtraktion überlagern, gegenseitig verstärken oder abschwächen können. Am Interferenzschwund ist nur die Raumwelle beteiligt. Durch verschiedene Ausbreitungswege können sich auch hier Laufzeitunterschiede ergeben.

5.14. Worin besteht der grundsätzliche Unterschied in den Ausbreitungseigenschaften der Kurz- und der Ultrakurzwellen?

Die Ausbreitung der Kurzwellen erfolgt über die reflektierenden Schichten in der Ionosphäre.

Eine betriebssichere Ausbreitung der Ultrakurzwellen ist zunächst nur über Entfernungen gegeben, für die theoretisch Sicht besteht.

5.15. Können im UKW-Bereich größere Entfernungen, als in Aufgabe 5.14. erwähnt, überbrückt werden? Wenn ja, wodurch?

Größere Reichweiten ergeben sich durch eine Beugung des Funkstrahls auf seinem Wege durch die unteren Schichten der Atmosphäre; insbesondere sind es Wassertröpfchen, die diese Beugung verursachen.

Noch größere Reichweiten (Überreichweiten) können unter besonderen Wetterbedingungen erzielt werden. Bei Temperaturumkehr (Inversion) in der Atmosphäre ergeben sich Dichteänderungen innerhalb der Luftmassen. An der Trennstelle zwischen Warm- und Kaltluft sind dann Reflexionen möglich, sofern der Funkstrahl aus einem dichten Medium in ein weniger dichtes übergeht. Das ist bei der Bodeninversion dann der Fall, wenn sich innerhalb eines Hochdruckgebiets nach Sonnenuntergang die bodennahen Luftmassen schneller abkühlen (und damit dichter werden) als die höheren Schichten.

Eine weitere Möglichkeit der Reflexion ultrakurzer Wellen an Trennflächen von Luftmassen unterschiedlicher Dichte ist in größeren Höhen dann gegeben, wenn sich Warmluftmassen auf Kaltluftmassen aufschieben. Das ist der Fall, wenn ein Tiefdruckgebiet auf ein Hochdruckgebiet trifft. Faustregel: Guter UKW-Empfang über große Entfernungen kündet schlechtes Wetter an.

5.16. Was versteht man unter Aurora-Effekt?

Es wird damit eine Ausbreitungsmöglichkeit für UKW (insbesondere im 2-m- und 70-cm-Band) bezeichnet. Beim Auftreten von Nordlicht werden ultrakurze Wellen an den Nordlichtfronten reflektiert. Die Richtantennen der Sender und Empfänger müssen dazu etwa in Nordrichtung eingestellt sein. Der Ton des Signals wird dabei in einer charakteristischen Weise moduliert. Aus einem T9 wird ein T3. Telefonieverkehr ist nur in Einseitenbandmodulation möglich.

5.17.* Wie groß ist die auf UKW überbrückbare Entfernung zwischen 2 Punkten (Sender- und Empfängerstandort), zwischen denen theoretische Sichtweite besteht?

Die Höhen der beiden Punkte über NN (Normal-Nullpunkt) seien h_1 und h_2, die Entfernung E; dann ist

$$E = 3{,}55 \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2});$$

E in km, h_1 in m, h_2 in m.

In der Formel ist der Erdradius mit r = 6 370 km zugrunde gelegt. Aus den in Aufgabe 5.15. genannten Gründen ergibt sich aber praktisch eine größere überbrückbare Entfernung. Dieser Tatsache trägt die folgende auf den sogenannten „Vierdrittel-Erdradius" abgewandelte empirische Formel Rechnung:

$$E = 4{,}13 \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2});$$

E in km, h_1 in m, h_2 in m.

5.18.* Was versteht man unter Meteor-scatter-Verbindungen?

Kleine und kleinste Materieteilchen, Meteorite, die den Raum unseres Sonnensystems durchfliegen, verdampfen, wenn sie in die obersten Schichten der Erdatmosphäre eindringen. Sie hinterlassen dabei nicht nur eine Leuchtspur, sondern entlang ihrer Bahn entsteht ein lang ausgedehnter Streifen von Ionen. An diesem „Ionisationszylinder" werden die UKW reflektiert. Der Ionenzylinder ist sehr kurzlebig (1 s bis in seltenen Fällen 2 min).

5.19. Erläutern Sie den Zweck und die Verkehrsabwicklung über Relais-, Ballon- und Satellitenstationen!

Diese Stationen wurden geschaffen, um den Aktionsradius der Amateurfunkstationen auf UKW zu vergrößern. Es handelt sich dabei immer um eine Empfangs-Sende-Station, die ein aufgenommenes Signal auf einer anderen Frequenz wieder ausstrahlt.

Beispiele: OK ∅ E mit 145,052/145,652 MHz (also Einbandbetrieb);
OSCAR 7 mit (432,12 ... 432,15)/(145,97 ... 145,93) MHz (Zweibandbetrieb).

6. Kurzwellen-Gerätetechnik

6.1. Nennen Sie die wichtigsten im Amateurfunk benutzten Empfängerarten!

— Geradeausempfänger mit 1 bis 3 Kreisen (einfachste Empfängerart, die auch vom Anfänger leicht aufgebaut werden kann);
— Direktmischempfänger (spezielle Empfängerart, die nach dem Überlagerungsprinzip arbeitet, aber nur im Amateurfunkbetrieb verwendet wird);
— Überlagerungs- oder Superhetempfänger (komplizierte Aufbau, beste Eigenschaften).

6.2. Beschreiben Sie Vor- und Nachteile der beiden Empfängertypen!

Der Geradeausempfänger ist billig, leicht aufzubauen, weist eine gute Empfindlichkeit auf, hat aber eine schlechte Trennschärfe. Der Superhet hat neben hoher Empfindlichkeit auch eine gute Trennschärfe, ist aber wesentlich teurer und schwieriger aufzubauen sowie abzugleichen als der Geradeausempfänger.

6.3. Welche Bedeutung hat die Abkürzung O-V-2?

Mit O-V-2 wird ein Geradeausempfänger bezeichnet; es bedeuten:

O = keine HF-Verstärkerstufe.
V = Audionstufe,
2 = zwei NF-Verstärkerstufen.

(Die früher üblichen Abkürzungen für Überlagerungsempfänger, die als wesentliche Angabe die Anzahl der Röhren enthielt, kann heute keine Anwendung mehr finden, da häufig keine Röhren mehr eingesetzt sind und andere Kriterien als

die Anzahl der Stufen für die Beurteilung der Empfängerqualität herangezogen werden müssen.)

6.4. Welche spezifischen Anforderungen werden an einen Kurzwellen-Amateurempfänger gestellt?

Dieser muß vor allem folgende Eigenschaften aufweisen:

- Große Empfindlichkeit und Selektivität (Trennschärfe).
- Hohe Frequenzkonstanz und Wiederkehrgenauigkeit.
- Spreizung der Bänder über etwa 4/5 der Skale.
- Empfangsmöglichkeit von CW-, AM- und ESB-Signalen.
- Schwundausgleich und S-Meter zur quantitativen Signalstärkebeurteilung.

6.5. Welche Aufgaben fallen den einzelnen Stufen des Geradeausempfängers mit der Bezeichnung O-V-2 zu?

V: Die Audionstufe selektiert mit ihrem Schwingkreis die gewünschte Empfangsfrequenz und richtet das HF-Signal gleich. Mit der Rückkopplung wird der Schwingkreis entdämpft, Empfindlichkeit und Selektivität werden dadurch wesentlich erhöht.
Tonlose Telegrafie und ESB-Sendungen können durch geeignete Einstellung der Rückkopplung bis zum Schwingungseinsatz hörbar gemacht werden.

2: Die NF-Stufen verstärken das gewonnene NF-Signal, um es mit genügender Lautstärke im Kopfhörer oder Lautsprecher wirksam werden zu lassen.

6.6. Welchen Zweck erfüllt die Rückkopplung?

Die Rückkopplung hat die Aufgabe, die Empfindlichkeit von Audionstufen zu erhöhen. Hierdurch wird infolge der Schwingkreisentdämpfung gleichzeitig die Trennschärfe verbessert. Bei der Rückkopplung wird ein Teil der verstärkten HF phasengleich auf den Eingang der Stufe zurückgeleitet, was die Entdämpfung des Schwingkreises bewirkt.

6.7.* Zeichnen Sie das Schaltbild einer Röhren- oder Transistor-Audionstufe mit Rückkopplung (Bild 6.1 und Bild 6.2)!

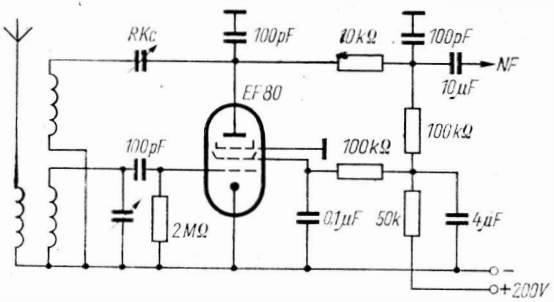


Bild 6.1 Audionstufe mit Elektronenröhre

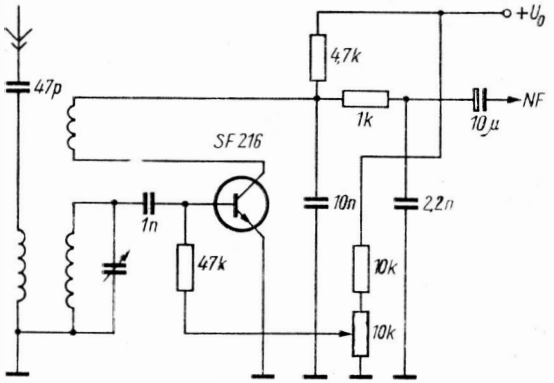


Bild 6.2 Audionstufe mit Transistor

6.8. Wie ist das Einstellen der Rückkopplung bei A 1, A 3, F 3 vorzunehmen?

Bei den einzelnen Empfangsarten ist die Rückkopplung wie folgt einzustellen:

A 1 — Bis zum Schwingungseinsatz anziehen. In dieser Stel-

lung ist die beste Empfindlichkeit vorhanden. Ein weiteres Anziehen der Rückkopplung bewirkt, daß die Empfindlichkeit wieder absinkt.
A 3 — Rückkopplung bis kurz vor den Schwingungseinsatz anziehen.
F 3 — Die Einstellung erfolgt ebenfalls bis kurz vor den Schwingungseinsatz. Die Kreise des Empfängers sind so einzustellen, daß das zu empfangene Signal auf einer der beiden Schwingkreisflanken liegt. Dabei entsteht eine Umwandlung der FM in AM (Flankendemodulation).

6.9. Welche Nachteile bzw. prinzipiellen technischen Grenzen haben Geradeausempfänger?

Es läßt sich nur eine begrenzte Kreiszahl realisieren, da alle Kreise im Gleichlauf auf die Empfangsfrequenz abgestimmt werden müssen; dadurch genügt die erreichbare Trennschärfe nicht mehr den heutigen Anforderungen.
Durch die Rückkopplung und die angeschlossene Antenne wird die Resonanzfrequenz des Abstimmkreises beeinflußt; eine brauchbare Wellenlängeneichung der Abstimmskale ist kaum möglich. Die Einstellung zum Empfang von ESB-Sendungen ist schwierig und wenig stabil, die Empfangsqualität läßt zu wünschen übrig. Ein automatischer Schwundausgleich ist nicht möglich.

6.10. Welche Empfänger benötigen keine Rückkopplung?

Bei Superhetempfängern kann auf eine Rückkopplung verzichtet werden. Nur bei Klein-Superhets, die in der ZF eine Audionschaltung haben, wird die Rückkopplung verwendet. Größere Überlagerungsempfänger sind so trennscharf und empfindlich, daß eine Rückkopplung keinen Gewinn mehr bringt. A1-Signale müssen dann aber mit einem besonderen Überlagerer (BFO) hörbar gemacht werden.

6.11.* Skizzieren Sie den prinzipiellen Aufbau eines Einfachsuperhets und erläutern Sie die Funktionsweise (Bild 6.3)!

Mi: Vorselektion durch Abstimmkreis (f_e) und Mischung

der Empfangs- (f_e) und Oszillatorfrequenz (f_0) zur Bildung der festen Zwischenfrequenz ($f_z = f_0 - f_e$).

Osz: Erzeugung der variablen Oszillatorfrequenz, die sich immer um die Zwischenfrequenz von der eingestellten Empfangsfrequenz unterscheiden muß.

ZF: Selektierung der ZF durch Bandfilter und Verstärkung der Zwischenfrequenz.

D: Demodulation der ZF; in Verbindung mit dem BFO werden tonlose Telegrafie und ESB-Signale in den Hörbarkeitsbereich umgesetzt (NF).

BFO: Oszillator, dessen Frequenz sich auf $f_z \pm 3$ kHz einstellen läßt.

NF: Verstärker für die demodulierten Signale.

AVC: Automatischer Schwundausgleich.

Anmerkung: Der Mischstufe kann eine HF-Verstärkerstufe vorgeschaltet sein, deren Hauptaufgaben eine bessere Vorselektion und wirksamerer Schwundausgleich sind.

6.12. In welcher Weise kann beim Geradeaus- und beim einfachen Überlagerungsempfänger der Bandwechsel erfolgen?

Der Bandwechsel kann erfolgen durch

— Steckspulen, die bereits mit Serien- und Parallelkondensatoren zur Bandspreizung versehen sein können,

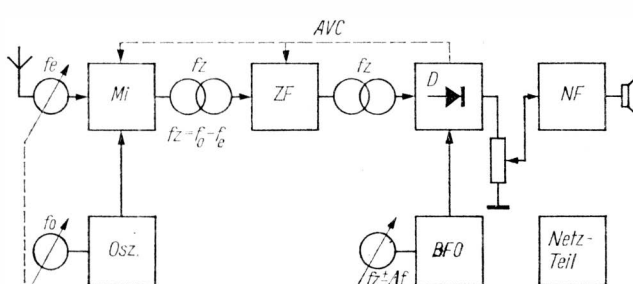


Bild 6.3 Übersichtsschaltplan eines Einfachsuperhets

— Wellenschalter, mit denen die Spulen und Kondensatoren umgeschaltet werden,
— Spulenrevolver.

6.13. Was versteht man unter Bandspreizung?

Ein relativ kleiner Frequenzbereich, der z. B. mit einem Amateurband identisch ist, wird über die gesamte Skale gedehnt. Zweck der Bandspreizung ist eine leichte Einstellbarkeit auf die zu empfangende Station und eine hohe Ablesegenauigkeit.

6.14.* Wie kann innerhalb eines Wellenbereichs die Abstimmung auf die Empfangsfrequenz erfolgen?

Das kann geschehen durch
— Drehkondensatoren (am häufigsten angewendet),
— Änderung der Induktivität, z. B. durch verschiebbaren Ferritkern oder durch ein Variometer,
— Kapazitätsdioden.

6.15. Was versteht man unter der Trennschärfe eines Empfängers?

Die Trennschärfe eines Empfängers gibt an, wie breit das von den Schwingkreisen durchgelassene Frequenzband ist. Exakte Angaben über die Trennschärfe liefert die Bandbreite des Empfängers. Als Bezugsgröße für die Bandbreite werden die Frequenzen angegeben, bei denen die Amplitude auf den 0,7fachen Wert gegenüber der Resonanzfrequenz abgesunken ist.

6.16. Was wird unter Treffsicherheit eines Kurzwellenempfängers verstanden?

Unter Treffsicherheit eines Empfängers versteht man seine Eigenschaft, die gewünschte Frequenz auch nach Umschaltungen stets genau an der Eichstelle der Skale wiedererscheinen zu lassen.

6.17. Weshalb ist die Trennschärfe des Superhets größer als die des Geradeausempfängers?

Superhetempfänger können, ohne daß Gleichlaufschwierigkeiten oder unlösbare Probleme der Bereichsumschaltung auftreten, mit beliebig vielen Zwischenfrequenzkreisen ausgestattet werden. Die Zwischenfrequenzkreise sind meist als Bandfilter aufgebaut. Da jeder Kreis seinen Teil zur Trennschärfe beiträgt, wird die Trennschärfe unvergleichlich besser als beim Geradeausempfänger.

6.18. Wo werden Bandfilter in Empfängern eingesetzt?

Bandfilter werden vorwiegend in den ZF-Stufen von Überlagerungsempfängern eingesetzt. Aber auch im Empfängereingang finden Bandfilter Verwendung. Bandfilter bestehen aus mindestens 2 abgestimmten Kreisen, die miteinander gekoppelt sind.

6.19.* Durch welche Stufen werden Frequenzkonstanz und Wiederkehrgenauigkeit eines Überlagerungsempfängers bestimmt?

Die genannten Eigenschaften werden durch den oder die Oszillatoren bestimmt, die zur Bildung der Zwischenfrequenzen dienen.

6.20. Was versteht man unter Spiegelfrequenz?

Im Überlagerungsempfänger kann die Zwischenfrequenz f_z durch Mischung der Oszillatorfrequenz f_0 aus zwei verschiedenen Empfangsfrequenzen f_{e1} und f_{e2}, die sich um $2 \cdot f_z$ voneinander unterscheiden, gebildet werden. Eine davon ist die gewünschte Empfangsfrequenz, die andere die unerwünschte Spiegelfrequenz, die bei ungenügender Vorselektion zu Überlagerungsstörungen führen kann.

Beispiel: $f_z = 500$ kHz; $f_0 = 4000$ kHz;
$f_{e1} = f_0 - f_z = 3500$ kHz (Nutzfrequenz);
$f_{e2} = f_0 + f_z = 4500$ kHz (Spiegelfrequenz).

6.21.* Welche Vor- und Nachteile bringt die Verwendung einer niederen ZF bzw. einer hohen ZF im Superhet?

Die Wahl der Zwischenfrequenz eines Superhets ist entscheidend für Leistung und Eigenschaften des Geräts. Eine niedrige ZF (50 bis 500 kHz) bringt große Verstärkung und gute Trennschärfe mit sich. Jedoch ist die Anfälligkeit für Spiegelfrequenzen groß. Eine hohe ZF (1,5 bis 10 MHz) ergibt zwar eine gute Spiegelselektion, jedoch den Nachteil geringen Verstärkungsgrads der ZF-Stufen und weniger gute Trennschärfe. Im Doppelsuperhet werden zwei Zwischenfrequenzen, eine hohe und eine niedrige, angewendet und dadurch ein optimales Ergebnis erzielt.

6.22.* Geben Sie den prinzipiellen Aufbau eines Doppelsuperhets und ein Beispiel für mögliche Zwischenfrequenzen an (Bild 6.4)!

$f_{z1} = 2900$ kHz, $f_e = 3500 \ldots 3800$ kHz,
$f_{z2} = 450$ kHz, $f_{01} = 6400 \ldots 6700$ kHz ($f_e + f_{z1}$)
$f_{02} = 2450$ kHz ($f_{z1} - f_{z2}$).

6.23.* Weshalb ist man in letzter Zeit bei anspruchsvollen Empfängerkonstruktionen von der Anwendung des Doppelsuperhetprinzips wieder abgekommen?

- Die Vielzahl von Oszillatorfrequenzen führt zu zahlreichen Kombinationsfrequenzen, die häufig die Ursache von Pfeifstellen innerhalb der Amateurbänder sein können.
- Wenn der 2. Oszillator nicht quarzgesteuert ist, wird die Frequenzkonstanz durch zwei Oszillatoren beeinflußt.
- Die entwickelten hochfrequenten Quarzfilter (Frequenzen zwischen 5 und 9 kHz) erübrigen die Anwendung des Doppelsuperhets und umgehen damit die hauptsächlichsten Nachteile dieses Prinzips.

6.24.* Erläutern Sie am Übersichtsschaltplan (Bild 6.5) das Preselektorprinzip mit Doppelüberlagerung!

1. ZF und 2. Oszillator sind variabel, werden bei Bandwechsel aber nicht umgeschaltet; dadurch läßt sich der 2. Oszillator genau so frequenzstabil wie der VFO im Sender aufbauen.

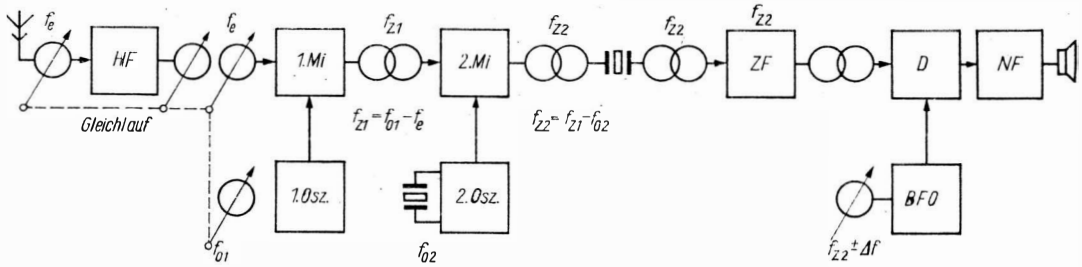


Bild 6.4 Übersichtsschaltplan eines Doppelsuperhets

Der 1. Oszillator ist quarzgesteuert und damit stabil. Die HF-Kreise werden unabhängig von der 1. ZF und dem 2. Oszillator getrennt auf die Empfangsfrequenz abgestimmt. Eine Gleichlaufabstimmung mit 1. ZF und 2. Oszillator ist zwar technisch realisierbar, aber mit erheblichem Aufwand verbunden. Da die Abstimmung der HF-Kreise relativ breitbandig ist, kann auf diesen Aufwand verzichtet werden.

6.25. Erläutern Sie am Übersichtsschaltplan (Bild 6.6) das Funktionsprinzip eines Direktmischempfängers!

Der Mischstufe Mi werden die Empfangsfrequenz f_e und die mindestens 5- ... 10mal stärkere Oszillatorfrequenz zugeführt. Die Oszillatorfrequenz ist gleich der Empfangsfrequenz, oder sie weicht bei Telegrafieempfang (A1) um etwa 1 kHz von dieser ab. Am Ausgang der Mischstufe steht dann unmittelbar das niederfrequente Signal zur Verfügung.

Damit frequenzbenachbarte Empfangssignale, die zusammen mit der Oszillatorfrequenz ebenfalls hörbare Signale ergeben, keine Störungen hervorrufen, muß der Mischstufe ein hochwertiger NF-Bandpaß (z. B. mit einem Durchlaßbereich zwischen 300 kHz und 3000 kHz) folgen.

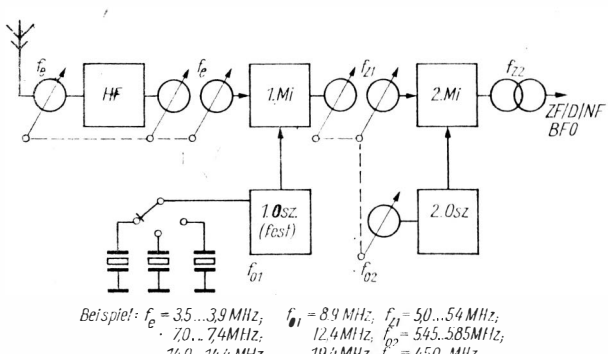


Bild 6.5 Übersichtsschaltplan der Eingangsstufen eines Doppelsuperhets mit Preselektor

Da die Mischstufe keine Verstärkung bewirkt, muß der folgende NF-Verstärker einen sehr hohen Verstärkungsgrad (10^4 ... 10^6) haben und äußerst rausch- und brummarm sein. Mit dem Direktmischempfänger kann man AM-, ESB- und CW-Signale empfangen.
Jeder Sender erscheint entsprechend dem Verarbeitungsprinzip ($f_e - f_0$ und $f_0 - f_e$) bei zwei unterschiedlichen, dicht benachbarten Oszillatoreinstellungen.

6.26. Erläutern Sie Zweck und Funktion eines Produktdetektors!

Der Produktdetektor ist eine Mischstufe, in der aus einer Oszillatorfrequenz und einer Empfangsfrequenz (im Direktmischempfänger) oder einer Zwischenfrequenz (im Überlagerungsempfänger) das niederfrequente Signal gebildet wird. Der Produktdetektor ist so aufgebaut, daß die Empfangs- und die Oszillatorfrequenz ausgelöscht werden und damit nicht am Ausgang des Detektors erscheinen.

6.27. Welchen Zweck erfüllt der automatische Schwundausgleich (AVC)?

Durch den AVC sollen die Auswirkungen der Feldstärkeschwankungen des empfangenen Signals auf die Lautstärke ausgeglichen werden. Die erzeugte Regelspannung beeinflußt entsprechend der Eingangsfeldstärke die in die Regelung ein-

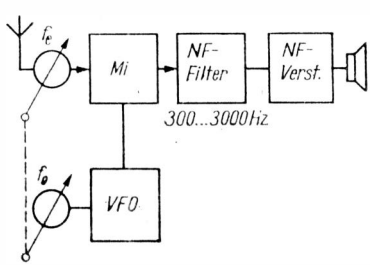


Bild 6.6 Übersichtsschaltplan eines Direktmischempfängers

bezogenen Empfängerstufen (HF- und ZF-, teilweise auch Mischstufen). Der Empfänger muß eine große Verstärkungsreserve haben.

6.28. Welche Eigenschaften muß der automatische Schwundausgleich für den Empfang von CW- und ESB-Sendungen haben?

Sofort beim Einsetzen eines Zeichens bzw. Wortes muß die Einstellung der geregelten Stufen auf die Signalfeldstärke erfolgen. Zwischen zwei zu einer übermittelten Information gehörenden Zeichen bzw. Worten darf noch keine Aufregelung der Verstärkung eintreten. Die Ansprechzeitkonstante muß kurz, die Abfallzeitkonstante lang sein.

6.29. Welchen Zweck erfüllt ein S-Meter?

Die Qualität einer empfangenen Sendung wird durch das R-S-T-System charakterisiert. Dabei ist die Feldstärke (S) einer quantitativen Messung zugänglich. Sie wird durch das S-Meter angezeigt, dessen Ausschlag von der im Empfänger gebildeten Regelspannung zur Schwundregelung abhängt.
Im Selbstbauempfänger bereitet die exakte Kalibrierung des S-Meters allerdings erhebliche Schwierigkeiten, so daß man diese meist empirisch vornimmt.

6.30. Wozu dient in Überlagerungsempfängern der eingebaute BFO?

Der BFO ist ein Hilfsoszillator, der etwa auf der Zwischenfrequenz schwingt. Er ist mit dem Empfangsgleichrichter (Demodulatordiode oder Produktdetektor) verbunden. Durch einen Modulationsvorgang entsteht u. a. auch das gewünschte niederfrequente Signal. Er dient also dazu, tonlose Telegrafie hörbar zu machen und beim Empfang von ESB-Sendungen den auf der Sendeseite reduzierten Träger wieder zuzusetzen.

6.31. Welche Anforderungen sind an den BFO zu stellen?

Er muß frequenzstabil, d. h. frei von mechanischen und thermischen Einflüssen auf die BFO-Frequenz sein;
die BFO-Amplitude muß der am Demodulator auftretenden

Signalspannung angepaßt sein (etwa 10mal so groß wie die Signalspannung).

6.32.* Welche Betriebsspannungen sind im Kurzwellenempfänger zweckmäßig zu stabilisieren?

Die Betriebsspannungen der Oszillatoren einschließlich des BFO sollten stabilisiert sein, da diese die Frequenzkonstanz beeinflussen.

Im Geradeausempfänger empfiehlt es sich, die Betriebsspannung des Audions zu stabilisieren, da sie Einfluß auf die Rückkopplungseinstellung hat.

6.33. Was versteht man unter einem Konverter?

Konverter = Umsetzer. Es ist ein Kurzwellenvorsatzgerät, mit dem man mit solchen Empfangsgeräten, die nicht über die Amateurbänder verfügen, den Empfang des Amateurfunks ermöglicht.

Gute Rundfunkempfänger oder hochwertige kommerzielle Empfangsgeräte lassen sich durch Konverter für die Zwecke des Amateurfunks nutzen.

6.34. Wie empfängt man ESB-Sendungen mit einem Geradeausempfänger?

ESB-Sender strahlen nur ein Seitenband aus. Zur Demodulation muß deshalb der Träger im Empfänger wieder zugesetzt werden. Im Geradeausempfänger geschieht das durch Einstellung der Rückkopplung bis zum Schwingungseinsatz. Wellenlängeneinstellung und Rückkopplung müssen sehr sorgfältig auf beste Empfangsqualität vorgenommen werden.

Abgesehen davon, daß sich Geradeausempfänger nur sehr unvollkommen für den Empfang von ESB-Sendungen eignen, müssen sie eine stark untersetzte, spielfreie Abstimmung, feinfühlig einstellbare Rückkopplung und sehr gute mechanische und thermische Stabilität haben.

6.35. Wie empfängt man ESB-Sendungen mit einfachen Überlagerungsempfängern, die keinen Produktdetektor haben?

BFO einschalten und richtige Seitenbandlage wählen;
HF-ZF-Verstärkung so weit wie möglich herabsetzen;
AVC abschalten;
Lautstärkeeinstellung so weit aufdrehen, daß Signal hörbar ist;
Abstimmung und BFO-Einstellung sorgfältig korrigieren, bis beste Empfangsqualität erreicht ist.

6.36. Was versteht man unter einem Transceiver?

Ein Transceiver ist ein Funk-Sende-Empfangsgerät, in dem wesentliche Funktionsgruppen sowohl für den Empfänger- als auch für den Senderteil verwendet werden.
Solche Baugruppen sind Netzteil, Filterbaugruppe, Trägergenerator und VFO.

6.37. Nennen Sie einige Vor- und Nachteile des Transceivers!

Vorteile: Teure Baugruppen werden besser genutzt als in getrennten Empfangs- und Sendeanlagen; damit geringerer Materialeinsatz, geringeres Volumen und kleineres Gewicht.

Nachteile: Schwierigerer Aufbau und Abgleich; Sende- und Empfangsfrequenz sind identisch; wegen des meist gedrängten Aufbaus können elektrische und vor allem thermische Probleme auftreten.

6.38. Welche Voraussetzungen muß der Empfänger einer Kurzwellenstation zur Durchführung von BK-Betrieb haben?

BK = brake in. Die Zeichen des eigenen ausgestrahlten Signals muß man mithören können. Während längerer Tastpausen innerhalb der eigenen Sendung (z. B. am Satzende) muß der Empfänger empfangsbereit sein, ohne daß manuelle Umschaltungen vorgenommen werden müssen. Beim Einsetzen der eigenen Sendezeichen muß der Empfänger ohne Störgeräusche selbsttätig auf „Mithören" umschalten.

6.39. Wie ist ein einstufiger Sender zur Erzeugung tonloser Telegrafie aufgebaut? Geben Sie ein Schaltungsbeispiel unter Verwendung einer Pentode an (Bild 6.7)!

Der Sender besteht aus Schwingkreis (C2, L2) mit Rückkopplungsspule (L1), Antennenankopplungsspule (L3), Verstärkerröhre (Rö) und Schaltelemente zur Einstellung des Arbeitspunktes (R1, R2) und Trennung von Gleich- und Wechselgrößen (C1, C3, C4) sowie der Taste (Ta).

6.40. Weshalb werden einstufige Sender in der Amateurfunkpraxis nicht mehr eingesetzt?

Die Frequenzstabilität ist wegen der festen Kopplung der frequenzbestimmenden Elemente (L2, C2) mit der Antenne (über L3) und der Röhre (über L1, C1) äußerst mangelhaft. Die direkte Tastung des Oszillators führt zu Chirp- und Klickerscheinungen.

Außer der Grundwelle werden Harmonische erzeugt und mit unzulässig hoher Energie abgestrahlt.

6.41.* Die in Bild 6.8 dargestellte zweistufige Senderschaltung ist zu erläutern!

Rö 1 mit den zugehörigen Bauelementen (L1, C1 ... C4, R1 ... R3) ergibt den Oszillator (ECO-Schaltung), dessen

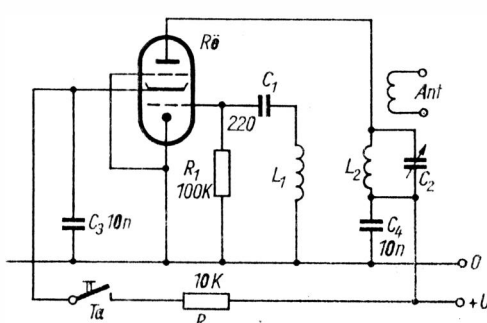


Bild 6.7 Schaltung eines einstufigen Senders; L3 über C2

Schwingfrequenz f_0 durch C1, L1 festgelegt ist. Er schwingt auf der halben Sendefrequenz. Im Anodenkreis wird durch C5, L2 die 1. Oberwelle $f_1 = 2 \cdot f_0$ selektiert.
Rö 2 verstärkt f_1 (PA-Stufe) und koppelt f_1 über den auf f_1 abgestimmten Collins-Tankkreis (C10, L3, C11) auf die Antenne aus. Mit Ta wird der Oszillator am Schirmgitter von Rö 1 getastet.

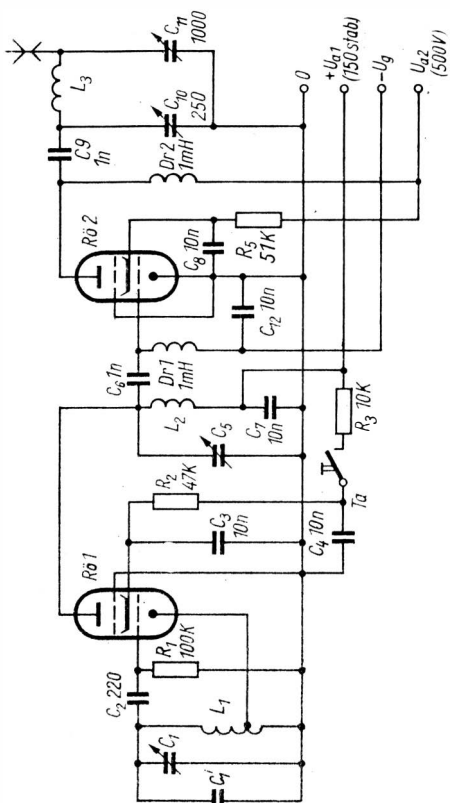


Bild 6.8 Schaltung eines zweistufigen Senders

6.42.* Welche Bedingungen müssen für die Selbsterregung des Röhrengenerators erfüllt sein?

Die Wechselspannungen an Anode und Steuergitter der Röhre müssen 180° Phasenverschiebung zueinander haben. Das erreicht man durch entsprechende Polung der Rückkopplungsspule L_2. Die Rückkopplungsspannung muß ausreichende Größe haben, was durch geeignete Windungszahl und entsprechenden Kopplungsgrad verwirklicht wird.

6.43.* Nennen Sie einige im Senderbau übliche Oszillatorschaltungen!

Bewährte und oft angewendete Oszillatorschaltungen sind die ECO-Schaltung, die Colpitts- und die Clapp-Schaltung. Bild 6.8 (Rö1), Bild 6.9 und Bild 6.10.

6.44.* Weshalb darf man in der ECO-Schaltung nur Röhren mit herausgeführtem Bremsgitter verwenden?

Das Bremsgitter muß mit Masse, also Nullpotential, verbunden sein, damit es als statische Abschirmung zwischen dem Oszillatorsystem Katode—Gitter—Gitter_2 und dem Anodenkreis wirken kann. Ist das Bremsgitter jedoch bereits im Röhrenkolben mit der Katode verbunden, kann es diese Aufgabe nicht erfüllen, da die Katode zum Oszillatorsystem gehört und HF-Potential führt.

6.45. a) Was versteht man unter Stabilität eines Oszillators?
b) Weshalb muß diese sehr groß sein?

a) Unter der Stabilität eines Oszillators versteht man seine Eigenschaft, die eingestellte Frequenz über längere Zeit hinweg genau einzuhalten.

b) Die Überfüllung der Amateurbänder zwingt dazu, daß die QSO-Partner auf der gleichen Frequenz arbeiten, um benachbarte QSOs nicht durch Überlagerungen zu stören. Bei wandernder Oszillatorfrequenz besteht ferner die Gefahr, daß die Bandgrenzen überschritten werden oder daß die mit einem trennscharfen Empfänger ausgerüstete Gegenstation das Signal verliert. Da bekanntlich alle Frequenzänderungen mit vervielfacht werden, wenn man auf

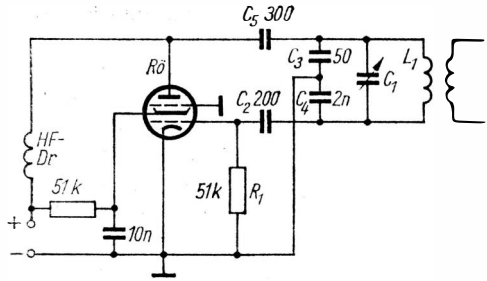


Bild 6.9 Colpitts-Oszillator

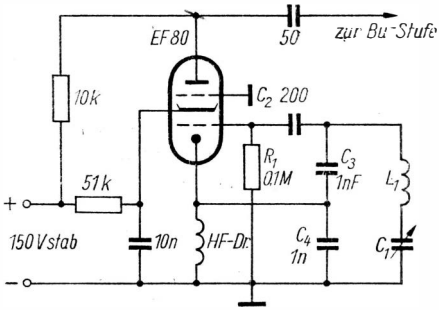


Bild 6.10 Clapp-Oszillator

höheren Bändern arbeitet, können schon kleine Unstabilitäten des Oszillators erhebliche Frequenzabweichungen auf der Sendefrequenz verursachen.

6.46.* Welche schaltungstechnischen Maßnahmen sind zur Gewährleistung der Frequenzstabilität eines Senderoszillators zu treffen?

Entscheidend für die Stabilität sind lose Ankopplung des Schwingkreises an die Röhre bzw. den Transistor;
das Vermeiden von Rückwirkungen nachfolgender Stufen und

der Antenne auf den Oszillatorkreis und konstante Betriebsspannungen.

6.47.* Durch welche konstruktiven Maßnahmen kann die Forderung nach hoher Frequenzstabilität des Senderoszillators erfüllt werden?

Der Oszillator muß mechanisch stabil aufgebaut und mit einem spielfreien, leichtgängigen Antrieb zur Frequenzeinstellung versehen sein. Temperaturänderungen dürfen keinen wesentlichen Einfluß auf die Frequenz ausüben, was sich durch Temperaturkompensation des Schwingkreises und Anwendung des Thermostatprinzips erreichen läßt.

6.48.* Inwiefern wirken sich Änderungen der Speisespannungen nachteilig auf die Frequenzkonstanz des Oszillators aus?

Jede Spannungsänderung an den Elektroden der Oszillatorröhre oder des Oszillatortransistors verschiebt den Arbeitspunkt, wodurch Änderungen der Elektrodenkapazitäten auftreten. Diese gehen über die Ankopplungselemente in die Schwingkreisdaten ein.

6.49.* Was versteht man unter der Temperaturkompensation eines Schwingkreises, und wie wird sie ausgeführt?

Bei Temperaturschwankungen verändern die Bauteile eines Schwingkreises wie alle anderen Körper ihre mechanischen Abmessungen und damit ihre elektrischen Werte. Die Resonanzfrequenz des Kreises verschiebt sich. Die relative Änderung des Kapazitäts- oder Induktivitätswertes je °C Temperaturdifferenz bezeichnet man als Temperaturkoeffizient (TK) der Kapazität oder der Induktivität. Während Induktivitäten meist einen positiven TK aufweisen, gibt es Kondensatoren sowohl mit positivem als auch mit negativem TK. Durch entsprechende Kondensatorkombinationen mit entgegengesetzten TK kann man erreichen, daß sich die Kapazitätsänderungen gegenseitig aufheben (kompensieren). In der Amateurpraxis wird die Temperaturkompensation der Oszillatorschwingkreise experimentell gefunden. Das führt bei sorgfältiger Arbeit

und Geduld zu befriedigenden, für die Praxis ausreichenden Ergebnissen.

6.50.* Was versteht man unter einem Super-VFO?

Mit dem Super-VFO sollen die Vorteile des variablen und des Quarzoszillators vereinigt werden. Eine Quarzfrequenz (z. B. 3200 kHz) wird mit einer niedrigen veränderlichen Frequenz (z. B. 300 bis 600 kHz) gemischt. Die Summenfrequenz (3500 bis 3800 kHz) führt man den weiteren Sendestufen und der Antenne zu. Da der variable Oszillator mit niedriger Frequenz gegen äußere Einflüsse weitgehend unempfindlich ist und Rückwirkungen nicht auftreten können, erhält man einen sehr stabilen Steuersender. Bei ungünstiger Auswahl der Mischfrequenzen und ungeschicktem Aufbau können unter Umständen unerwünschte Frequenzen neben der Sendefrequenz oder auch außerhalb der Amateurbänder mit unzulässiger Stärke erzeugt und abgestrahlt werden.

6.51. Welche Aufgaben hat eine Pufferstufe zu erfüllen?

Die Pufferstufe (BU), die dem Oszillator nachgeschaltet wird, hat die Aufgabe, Rückwirkungen von den folgenden Senderstufen (Vervielfacher, Treiber, Endstufe) auf den Oszillator zu verhindern. In Transistorschaltungen werden meist mehrere aperiodische BU-Stufen dem Oszillator nachgeschaltet.

6.52. Was versteht man unter Frequenzvervielfacherstufen, und in welchem Fall sind sie anzuwenden?

In Vervielfacherstufen erfolgt eine Verdopplung, Verdreifachung oder Vervierfachung einer zugeführten Frequenz. Man wendet sie an, um ohne Umschaltung des Oszillators auf allen Amateurbändern arbeiten zu können. Das ist nur deshalb möglich, weil Amateurbänder harmonisch zueinander liegen.

6.53.* Welche Arbeitspunkteinstellung ist für Vervielfacherstufen zu wählen?

Die Vervielfacherstufe muß im B- oder C-Betrieb arbeiten, damit durch Verzerrung der zugeführten Schwingung die Oberwellenbildung ermöglicht wird.

Vom Anodenkreis der FD-Stufe wird die gewünschte Oberschwingung aussortiert.

6.54. a) Welche Frequenzbereiche werden in den höheren Bändern erfaßt, wenn der Oszillator zwischen 3500 und 3800 kHz durchstimmbar ist, und
b) welche Forderung ergibt sich daraus für die Skalenkalibrierung?

a) 40-m-Band: Durch Verdopplung erhält man
7 000 bis 7 600 kHz,
20-m-Band: Durch Vervierfachung erhält man
14 000 bis 15 200 kHz,
15-m-Band: Durch Versechsfachung erhält man
21 000 bis 22 800 kHz,
10-m-Band: Durch Verachtfachung erhält man
28 000 bis 30 400 kHz.

b) Um Bandüberschreitungen mit Sicherheit vorzubeugen, empfiehlt es sich, die Bandgrenzen der höheren Frequenzbänder auf der Skale deutlich zu kennzeichnen oder für jedes Band eine separate Kalibrierung vorzusehen. Wird an den Bandgrenzen gearbeitet, sollte man mit dem Frequenzmesser die Sendefrequenz überprüfen.

6.55.* Eine Push-Push-Frequenzverdopplerschaltung ist zu zeichnen, ihre Besonderheiten sind zu erläutern!

Für eine Push-Push-Frequenzverdopplerstufe sind 2 Röhren erforderlich, die gitterseitig im Gegentakt arbeiten und anodenseitig parallelgeschaltet werden. Im Anodenkreis tritt damit nur die zweite Harmonische ($2 \cdot f_0$) auf; alle anderen Frequenzen, auch die Grundwelle, mit der angesteuert worden ist, sind ausgelöscht. Der Wirkungsgrad dieser echten Verdopplerschaltung ist wesentlich größer als der aller anderen Vervielfacheranordnungen; er beträgt mindestens 60% (Bild 6.11).

6.56. Wann ist der Einsatz einer Verdreifacherstufe nötig?

Um durch Vervielfachung auf das 21-MHz-Band zu gelangen,

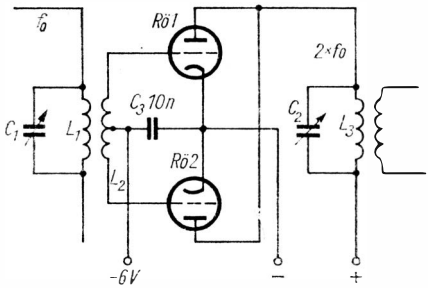


Bild 6.11 Push-push-Frequenzverdopplerstufe

muß in einer Stufe verdreifacht werden. Beträgt die Oszillatorfrequenz
1,75 MHz, so muß man
verzwölffachen $(1{,}75 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3 = 21$ MHz),
3,5 MHz, so muß man versechsfachen $(3{,}5 \cdot 2 \cdot 3 = 21$ MHz),
7,0 MHz, so muß man verdreifachen $(7 \cdot 3 = 21$ MHz).

6.57.* Welche Vorteile hat die Bandfilterkopplung der Senderstufen?

Da die Amateurbänder verhältnismäßig schmal sind, kann man Bandfilter leicht so fest koppeln, daß die Bänder ohne merklichen Abfall übertragen werden. Von außen bedienbare Abstimmelemente entfallen, so daß beim Frequenzwechsel nur die Oszillatorabstimmung zu verändern ist. Zum Bandwechsel reicht ein Umschalter aus, der die notwendigen Filter und Verdopplerstufen einschaltet. Die Bandfilter dämpfen besser als andere Selektionsmittel (Resonanzdrosseln, Einzelkreise) Nachbarfrequenzen und Oberwellen, was wesentlich zur BCI- und TVI-Freiheit des Senders beiträgt.

6.58. Welche Aufgaben hat die PA-Stufe zu erfüllen?

Die PA-Stufe des Senders soll die Leistung der Sendefrequenz zum Zweck der Abstrahlung über die Antenne verstärken. Da die PA-Stufe über einen auf die jeweilige Sendefrequenz abge-

stimmten Schwingkreis die Energie an die Antenne weitergibt, ruft sie eine weitere Abschwächung unerwünschter Frequenzen hervor. Aus diesem Grund sollte die PA-Stufe immer geradeaus gefahren, also Vervielfachung vermieden werden.

6.59. Erläutern Sie die in PA-Stufen häufig angewendete Einstellung auf B- oder C-Betrieb!

Für B-Betrieb wird die Gittervorspannung so groß gewählt, daß im nichtangesteuerten Zustand nur 5 ... 10% des Anodenstroms wie bei Ansteuerung fließen. Für C-Betrieb wird das Steuergitter so stark negativ vorgespannt, daß im nichtangesteuerten Zustand überhaupt kein Anodenstrom fließen kann. Der Wirkungsgrad ist verhältnismäßig hoch; er beträgt bei B-Betrieb 60 ... 70%, bei C-Betrieb sogar 70 ... 80%.
Der Nachteil beider Betriebseinstellungen ist jedoch die Erzeugung starker Oberwellen, die bei ungenügender Selektionseigenschaft des PA- und Antennenkreises in unzulässig starkem Maße abgestrahlt werden können.

6.60.* Die Prinzipschaltung einer Senderendstufe unter Verwendung einer Pentode ist zu zeichnen, Beispiele für die Betriebsspannungen sind anzugeben (Bild 6.12)!

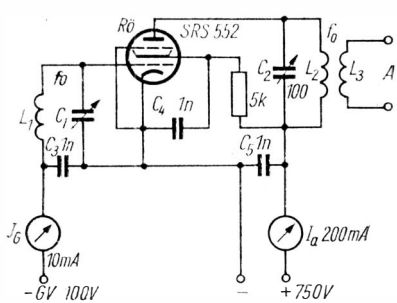


Bild 6.12 PA-Stufe mit induktiver Antennenankopplung

6.61.* Wie kann die Gittervorspannung der PA-Röhre erzeugt werden?

Sie kann einer besonderen Gitterspannungsquelle (Gleichrichter) entnommen oder durch den bei Ansteuerung am Gitterableitwiderstand auftretenden Spannungsabfall erzeugt werden. Verwendet man die letztgenannte Art der Gitterspannungserzeugung, dann sind Maßnahmen zu treffen, die bei Ausfall der Ansteuerung ein „Hochgehen" der PA-Röhre verhindern (Bild 6.13). Bei diesen Schutzschaltungen benutzt man eine Clamp-Röhre, deren Anodenstrom über den Schirmgitterwiderstand der PA-Röhre geleitet wird. Bei vorhandener Ansteuerung ist die Clamp-Röhre gesperrt, die PA-Röhre erhält Schirmgitterspannung. Fällt die Ansteuerung aus, wird die Schirmgitterspannung durch den Anodenstrom der Clamp-Röhre soweit herabgesetzt, daß die in der PA umgesetzte Verlustleistung weit unter den zulässigen Maximalwert absinkt.

6.62.* Wie ist zu erklären, daß die in der PA-Stufe infolge des B- oder C-Betriebs auftretenden Verzerrungen der Kurvenform der Sendefrequenz keinen nachteiligen Einfluß auf die Qualität der Sendungen haben?

Der Anodenstrom der PA-Röhre stellt im B-Betrieb nur noch eine Halbwelle der HF-Schwingungen dar, im C-Betrieb be-

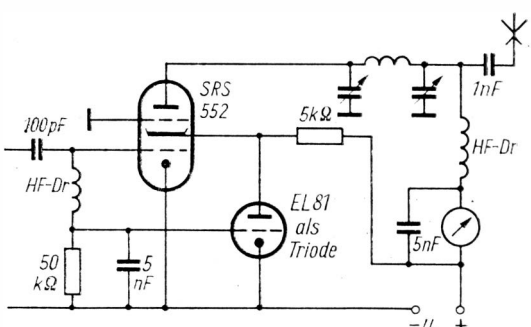


Bild 6.13 PA-Stufe mit Clamp-Röhre

steht er sogar nur noch aus Impulsen. Diese verzerrten Halbschwingungen genügen aber, um dem Schwingkreis die Energiezuzuführen, die auf die Antenne übertragen und im Schwingkreis durch Verluste in Wärme umgewandelt wird. Im angeregten Schwingkreis entstehen stets sinusförmige Schwingungen.

6.63. Weshalb sollen Endstufe und Treiberröhre geradeaus gefahren, d. h. auf der Sendefrequenz betrieben werden?

Der Sender darf nur die Betriebsfrequenz abstrahlen. Nebenfrequenzen und die zur Betriebsfrequenz harmonisch liegenden Schwingungen müssen durch Schwingkreise und Filter vor der Antenne unterdrückt werden. Das gelingt um so besser, je mehr Kreise auf die Betriebsfrequenz abgestimmt sind. Durch Gitter- und Anodenkreis des Treibers, des Tankkreises der PA und ein Antennenanpaßgerät erhält man eine 4fache Filterung der Betriebsfrequenz.

Von einer Vervielfachung in der Endstufe muß mit aller Dringlichkeit abgeraten werden. Die Grundfrequenz würde als Subharmonische fast ebenso stark wie die durch Vervielfachung erreichte Sendefrequenz abgestrahlt.

6.64. Welche Schwierigkeiten können beim Betrieb einer geradeaus betriebenen HF-Verstärkerstufe (z. B. PA) auftreten, und worauf sind diese zurückzuführen?

Die HF-Stufe kann sich selber erregen und dadurch als Oszillator wirken. Die Ursache hierfür ist eine Rückkopplung vom Anodenkreis auf den auf die gleiche Frequenz abgestimmten Gitterkreis der Röhre, wenn die Kreise ungenügend voneinander abgeschirmt sind. Besonders groß ist die Gefahr der Selbsterregung bei Trioden und Transistoren, da die Elektroden im Röhren- bzw. Transistorsystem kapazitiv gekoppelt sind.

6.65. Was versteht man unter Neutralisation?

Durch die Neutralisation soll die Neigung zur Selbsterregung bei geradeaus betriebenen HF-Verstärkerstufen verhindert werden. Mit einer Gegenkopplung zwischen Eingang- und

Ausgangskreis der Röhre oder des Transistors wird die schädliche Rückkopplung vermieden. Die Gegenkopplungsspannung muß die gleiche Größe, aber entgegengesetzte Phasenlage wie die Rückkopplungsspannung haben, damit sich beide Spannungen gerade gegenseitig aufheben.

6.66. Was versteht man unter Input, Output, Anodenverlustleistung und Wirkungsgrad der PA-Stufe, und welcher Zusammenhang besteht zwischen ihnen?

Der Input (P_i) ist die der PA-Röhre zugeführte Anodengleichstromleistung $P_i = U_a \cdot I_a$ (Watt). Unter Output P_w versteht man die Leistung, die die Endstufe an die Antenne abgibt. Sie ist um die Verlustleistung, die im PA-Tankkreis auftritt (P_s), und die Anodenverlustleistung der Röhre (P_a) kleiner als der Input. Das Verhältnis Output zu Input wird als Wirkungsgrad η bezeichnet.

Input = Output (Nutzleistung) + Anodenverlustleistung + Verluste in der Schaltung ($P_i = P_w + P_a + P_s$).

$$\eta = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{P_w}{P_i} \text{ bzw. } \eta = \frac{P_w}{P_i} \cdot 100\,\%\,.$$

6.67. Was geschieht mit der Anodenverlustleistung?

Sie wird in der Röhre in Wärme umgewandelt. Die vom Röhrenhersteller angegebene maximale Anodenverlustleistung darf nicht überschritten werden.

6.68. Zu errechnen sind Input, Nutzleistung und Anodenverlustleistung bei $U_a = 750$ V; $I_a = 80$ mA und $\eta = 70\,\%$!

$P_i = U_a \cdot I_a = 750\ \text{V} \cdot 0{,}08\ \text{A} = 60\ \text{W}$,

$P_w = P_i \cdot 0{,}7 = 60\ \text{W} \cdot 0{,}7 = 42\ \text{W}$,

$P_a = P_i - P_w = 60\ \text{W} - 42\ \text{W} = 18\ \text{W}$.

6.69. Welche Meßinstrumente benötigt man zum Einstellen des Senders?

Es werden folgende Meßinstrumente benötigt:
Gitterstrominstrument, um den Gitterkreis der PA-Stufe auf Resonanz einstellen zu können;
Anodenstrommesser für die PA-Röhre zur Kontrolle der Tankkreiseinstellung;
zweckmäßig sind ferner ein Anodenspannungsmesser und ein Antennenstrommesser.

6.70.* Eine PA-Schaltung soll gezeichnet werden: a) mit Tankkreis und induktiver Antennenankopplung (Bild 6.12), b) mit Collins-Tankkreis (Bild 6.14)!

6.71. Wie erfolgt die Messung der von der Endstufe abgegebenen HF-Leistung (Output)?

An Stelle der Sendeantenne wird eine Glühlampe (z. B. 220 V, Leistung je nach Sendeenergie 15 W, 25 W, 60 W ...) angeschlossen. Bei einem Helligkeitsvergleich kann die Größenordnung der HF-Leistung bestimmt werden. Besser und vor allem genauer ist die Messung mit einem HF-Strommesser (Hitzdrahtinstrument oder Drehspulinstrument mit Thermo-

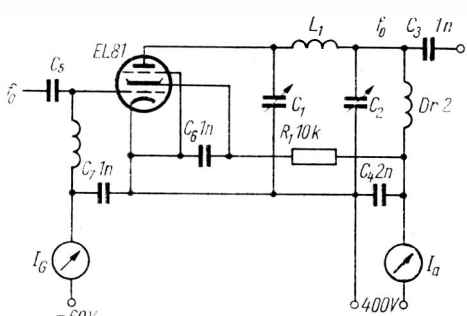


Bild 6.14 PA-Stufe mit Collins-Tankkreis

kreuzumformer) und induktionsfreiem Belastungswiderstand.
$P_w = I^2 \cdot R$; zum Beispiel: $R = 1\ k\Omega$; $I = 0{,}3\ A$;
$P_w = 0{,}09 \cdot 1000 = 90\ W$.

6.72.* Welche Erfahrungswerte bestehen für das L/C-Verhältnis und die Kreiskapazität im Tankkreis?

Das L/C-Verhältnis bestimmt die Kreisgüte Q. Erfahrungsgemäß soll Q etwa 10 bis 15 betragen. Bei zu großer Güte werden die Oberwellen ungenügend unterdrückt, während bei zu kleiner Güte zu große HF-Ströme im Kreis fließen, die die Wärmeverluste erhöhen und den Wirkungsgrad herabsetzen. Die günstigste Kreiskapazität kann nach folgender Formel errechnet werden:

$$C = \frac{I_a}{U_a} \cdot Q \cdot \lambda;$$

C in pF, I_a in mA, U_a in V, λ in m (Band).

Ohne Nachteil können die errechneten Werte bis zu etwa 50% überschritten werden. Für $U_a = 700$ V, $I_a = 100$ mA, $Q = 12$ ergeben sich etwa folgende Kapazitätswerte:
80 m: 140 bis 200 pF; 40 m: 70 bis 100 pF; 20 m: 35 bis 50 pF; 15 m: 25 bis 40 pF; 10 m: 20 bis 30 pF.

6.73.* Weshalb verwendet man bei höheren Frequenzen und Leistungen im Tankkreis versilberte Kupferrohrspulen?

Die im Schwingkreis auftretende HF-Leistung läßt durch die Spulen große HF-Ströme fließen, die Erwärmung und dadurch Verluste hervorrufen. Da infolge des Skin-Effekts die HF-Ströme vorzugsweise an der Oberfläche der Leiter fließen, ist es nötig, eine große Oberfläche mit guter Leitfähigkeit zu schaffen, was durch eine starke Versilberung erreicht wird.

6.74.* Was ist bei der Auswahl der Tankkreiskondensatoren zu beachten?

Am Tankkreis liegen außer der Anodengleichspannung noch die HF- und bei Anodenschirmgitter-Modulation die NF-Spannungen, so daß Spitzenwerte von 2 bis 4 kV durchaus

auftreten können. Es ist deshalb nötig, im Tankkreis Kondensatoren mit ausreichender Spannungsfestigkeit zu verwenden. Keramische Kondensatoren werden als Topfkondensatoren (z. B. TKo 2946) oder Wulstrohrkondensatoren (z. B. WKo017) für eine Prüfspannung von 3 bis 10 kV von den Keramischen Werken Hermsdorf hergestellt. Für den Plattenabstand der Tankkreisdrehkondensatoren rechnet man 1 mm Plattenabstand je kV Anodengleichspannung. Scharfe Kanten, Späne und Grate an und zwischen den Platten führen leicht zu Überschlägen.

6.75.* Wie ist ein Multibandkreis aufgebaut, und wo wird er verwendet?

Der Multibandkreis stellt eine Kombination von 2 Kreisen dar, die durch einen Doppeldrehkondensator gleichzeitig abgestimmt werden (Bild 6.15). Auf 7 MHz und 3,5 MHz wirken C_1 und C_2 in Parallelschaltung als Kapazität und L_2 als Induktivität des Kreises. Auf 28, 21 und 14 MHz sind C_1 und C_2 in Reihenschaltung und L_1 wirksam, während L_2 infolge ihrer großen Induktivität nur geringen Einfluß ausübt. L_1 und L_2 sind so zu wählen, daß die einzelnen Resonanzpunkte (z. B. 3,5 MHz und 14 MHz oder 7 MHz und 28 MHz) nicht zusammenfallen.

6.76. Die gebräuchlichsten Verfahren zur Kontrolle und Messung des Antennenstroms sind zu nennen!

Zur Kontrolle des Antennenstroms können kleine Glühlampen, bei Spannungskopplung der Antenne auch einpolig ange-

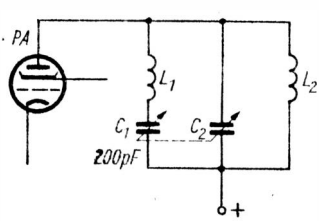


Bild 6.15
Multibandkreis

schlossene Glimmlampen benutzt werden. Eine quantitative Bestimmung des HF-Stroms kann man mit Hitzdrahtinstrumenten oder Drehspulmeßwerken in Verbindung mit HF-Stromwandlern (Thermoumformer oder entsprechenden Dioden) vornehmen.

6.77. Ist die Größe des Antennenstroms ein eindeutiges Kriterium für die abgestrahlte Leistung?

Das ist nicht der Fall; denn bei gegebener Senderleistung fließt in eine hochohmig angekoppelte Antenne nur ein kleiner Strom, während in eine niederohmig angekoppelte Antenne ein wesentlich größerer Strom fließt. Bei einer Sendeleistung von beispielsweise 100 W würde bei einem Antennenwiderstand von 600 Ω ein Antennenstrom von 0,41 A auftreten. Beträgt der Antennenwiderstand nur 60 Ω, dann ist die Stromstärke 1,3 A.

6.78. Welche Möglichkeiten bestehen, um den Empfangsrapport bei der Gegenstelle um eine S-Stufe zu verbessern?

1. Möglichkeit: Verwendung einer besseren Antenne mit einem Gewinn von 6 dB.
2. Möglichkeit: Vervierfachung des Inputs (z. B. von 50 W auf 200 W). Diese Möglichkeit ist aufwendiger, teurer und durch die gesetzlichen Festlegungen begrenzt.

6.79. Weshalb und wie soll strahlungsfrei auf die Gegenstelle eingepfiffen und der Sender abgestimmt werden?

Es ist sehr störend, wenn das Einstellen auf die Gegenstation unter mehr oder weniger langem Pfeifen und Heulen, das unter Umständen ein schon laufendes QSO empfindlich stört, vorgenommen wird. Durch Einbau eines Schalters, der im Sender während des Einstellvorgangs die PA-Anoden- und Schirmgitterspannung abschaltet, können Oszillator und Zwischenstufen störungsfrei einreguliert werden. Das genaue Einstellen des PA-Kreises kann während des Anrufs erfolgen.

6.80.* Einige Möglichkeiten zur Tastung des Senders sind zu nennen.

Die Tastung kann an fast jeder Stelle des Senders durch Sperrung der betreffenden Stufe vorgenommen werden. Häufig wird die Tastung des Oszillators durchgeführt. Zur Vermeidung von Chirp- und Klickerscheinungen, die durch die unvermeidlichen Einschwingvorgänge des Oszillators entstehen, empfiehlt sich eine kombinierte Tastung unter Einbeziehung der folgenden Stufe. Die Tastung muß so erfolgen, daß die Oszillatorschwingungen einsetzen, während die folgende Stufe noch gesperrt ist. Beim Aussetzen des Zeichens muß zuerst die folgende Stufe gesperrt und danach der Oszillator abgeschaltet werden.

6.81. Was versteht man unter Klick- und Chirperscheinungen, und welche Ursachen sind für diese Mängel verantwortlich?

Der Klick äußert sich in einer sprunghaften, kurzzeitigen Lautstärkeänderung jedes getasteten Zeichens, während der Chirp eine Tonhöhen- und damit eine Frequenzänderung beim Ein- oder Aussetzen des Zeichens ist. Klick und Chirp sind immer Anlaß zu BCI und TVI. Sie haben häufig ihre Ursache in Einschwingvorgängen beim Tasten des Oszillators, in der Schwingneigung einer Zwischen- oder der PA-Stufe, in Rückwirkungen einer Leistungsstufe auf den Oszillator oder in Änderungen der Betriebsspannungen des Oszillators während des Tastens.

6.82. Was versteht man unter harter und was unter weicher Tastung? Welche Vor- und Nachteile haben diese?

Bei der harten Tastung setzt das Zeichen mit voller Energie ein und aus (Bild 6.16a). Die weiche Tastung ist durch sanftes An- und Abschwellen der Sendeenergie gekennzeichnet, ohne daß dabei die Tonhöhe (Sendefrequenz) die geringste Änderung erfährt (Bild 6.16b). Die harte Tastung läßt sich auch bei QRM leicht aufnehmen, gibt aber zu BCI und TVI Anlaß. Ein weiches Tastzeichen wirkt bei zu weit getriebener Abrundung der Zeichen verwaschen und erschwert das Aufnehmen.

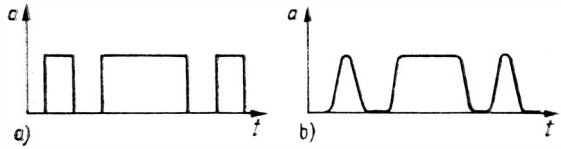


Bild 6.16 Telegrafiezeichen bei harter und bei weicher Tastung

6.83. Weshalb darf während des Sendebetriebs die Antenne nicht vom Sender entfernt werden?

Durch das Abschalten der Antenne tritt eine Verstimmung des Tankkreises ein. Diese kann so erheblich sein, daß der Anodenstrom eine unzulässige Größe annimmt und die PA-Röhre beschädigt wird. Ferner können als Folge der fehlenden Tankkreisbelastung Überschläge in den Kondensatoren des PA-Kreises auftreten.

6.84.* Welche Senderstufen sind abzuschirmen?

Grundsätzlich sollen alle Stufen durch geeignete, allseitig geschlossene Blechkonstruktionen abgeschirmt werden, um eine unkontrollierbare Abstrahlung in den Betriebsraum und auf das Lichtnetz zu verhindern. Besonders wichtig ist eine lückenlose Abschirmung des Oszillators. Nur dadurch kann vermieden werden, daß die frequenzverstimmenden Rückwirkungen von den Leistungsstufen und mechanisch bedingte Unstabilitäten auftreten. Ferner müssen alle geradeaus betriebenen Stufen so abgeschirmt sein, daß sich keine Rückkopplungen zwischen Anoden- und Gitterkreis einer Stufe auf eine andere (z. B. PA auf Treiber) ergeben können.

6.85.* Welche Maßnahmen sind außer der Abschirmung aller Senderstufen zu treffen, um Nebenausstrahlungen auf ein Minimum zu begrenzen?

Alle Betriebsspannungen sind über HF-Drosseln und Durchführungskondensatoren zuzuführen. Die Netzspannung ist über ein Störschutzfilter, bestehend aus geschirmter HF-Drossel und Durchführungskondensatoren, an das Netzteil zu

bringen. Zwischen Tankkreis und Antenne sollte ein Tiefpaßfilter angeordnet werden.

6.86. Welche Maßnahmen sind zu treffen, um eine Berührung Hochspannung führender Teile des Senders zu verhindern?

Die TGL-Bestimmungen verlangen, daß alle Hochspannung führenden Teile des Geräts so isoliert und der Berührung entzogen sind, daß eine Gefährdung von Personen unmöglich ist. Ferner sollen alle Hochspannung führenden Einschübe des Senders durch ein Warnschild gekennzeichnet werden.
Es empfiehlt sich, Maßnahmen zu treffen, die eine Abschaltung der Hochspannung bewirken, wenn das Gerät geöffnet oder Einschübe aus dem Sendergestell herausgezogen werden. Der Sender ist auf jeden Fall zu erden.

6.87.* Erläutern Sie an einem Übersichtsschaltplan die Aufbereitung der Sendefrequenz in einem ESB-Filtersender (Bild 6.17)!

Dem Balancemodulator werden die NF und die auf das Seitenbandfilter abgestimmte Trägerfrequenz zugeführt. Im Balancemodulator wird die Trägerfrequenz ausgelöscht, so daß nur noch die beiden Seitenbänder zur Verfügung stehen. Das Seitenbandfilter wählt eins der Seitenbänder aus. In der Mischstufe erfolgt mit der VFO-Frequenz die Umsetzung auf die Sendefrequenz, die dann über Treiber- und PA-Stufe der Antenne zugeführt wird.
Die im Bild dargestellte 9-MHz-Methode ist besonders vorteilhaft, weil wenig Umschaltelemente benötigt werden. Hinter der Mischstufe stehen durch Summen- und Differenzenbildung der Seitenbandfrequenzen mit der VFO-Frequenz sowohl das 80-m- als auch das 20-m-Band zur Verfügung.

6.88.* Skizzieren Sie die Prinzipschaltung eines Balancemodulators mit Dioden und erläutern Sie die Funktion (Bild 6.18)!

Die NF gelangt über Ü1, die HF (vom Trägeroszillator) über Bu1/Bu2 in den Diodenmodulator. Die Dioden wirken als

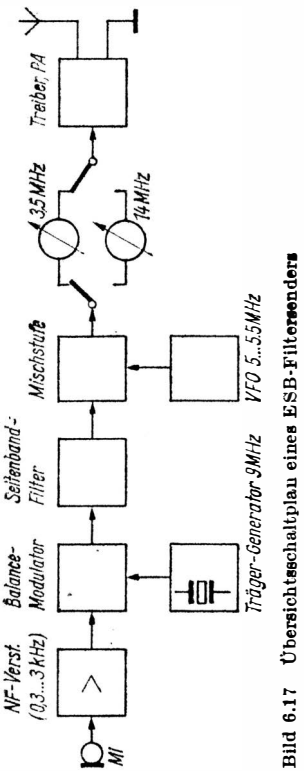


Bild 6.17 Übersichtsschaltplan eines ESB-Filtersenders

Schalter, der von der HF gesteuert wird. Wegen der symmetrischen Zuführung der HF wird diese in Ü2 ausgelöscht, so daß an der Sekundärseite von Ü2 nur noch die beiden durch die Modulation erzeugten Seitenbänder ($f_{HF} + f_{NF}$ und $f_{HF} - f_{NF}$) auftreten. Die Schalterwirkung der Dioden und damit die Modulation funktionieren nur dann einwandfrei, wenn die HF-Spannung 8- ... 10mal so groß wie die NF-Spannung ist.

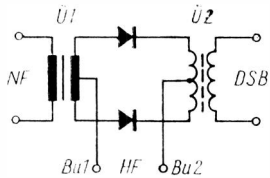


Bild 6.18
Balancemodulator mit Dioden

6.89.* Skizzieren Sie den Übersichtsschaltplan zur Erzeugung eines Einseitenbandsignals durch Anwendung der Phasenmethode (Bild 6.19)!

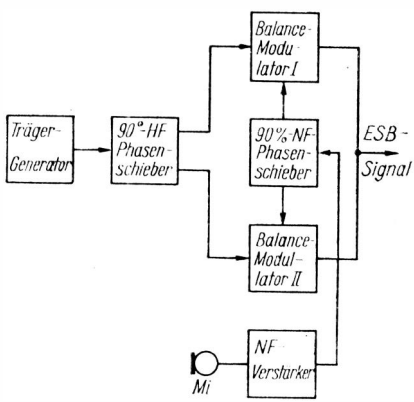


Bild 6.19 Übersichtsschaltplan des Modulationsteils eines ESB-Senders nach der Phasenmethode

6.90. Weshalb ist in einem ESB-Sender die Anwendung von Vervielfacherstufen nicht möglich?

Das nach dem Balancemodulator und dem Seitenbandfilter vorliegende Signal enthält die Modulationsfrequenzen. Bei einer Vervielfachung dieses Signals würde auch das aufmodulierte NF-Spektrum mit vervielfacht und damit unlesbar.

6.91. Wie wird im ESB-Sender die Sendefrequenz für die verschiedenen Amateurbänder erzeugt?

Da eine Vervielfachung nicht möglich ist, muß die Umsetzung der Sendefrequenz auf die verschiedenen Amateurbänder durch Mischung erfolgen. Die dafür erforderlichen Oszillatoren sollten quarzgesteuert sein.

Stehen z. B. bei Anwendung der 9-MHz-Methode (Bild 6.17) das 14-MHz- und das 3,5-MHz-Band zur Verfügung, so können durch Mischung des 3,5-MHz-Signals mit einer Quarzfrequenz von 10,7 MHz das 40-m-Band, mit 25 MHz das 15-m-Band und zum Teil das 10-m-Band erreicht werden

6.92. Weshalb muß man im ESB-Sender die Endstufe (PA) als Linearverstärker (A- oder AB-Betrieb) betreiben?

Das ist notwendig, um die Wiederentstehung des Trägers, des unerwünschten Seitenbands und weiterer Intermodulationsprodukte zu vermeiden. Bei B- und erst recht bei C-Betrieb wäre dies nicht möglich.

6.93. In welcher Weise wird auf Linearbetrieb eingestellt?

Die Gittervorspannung der PA-Röhre wird so eingestellt, daß im nichtangesteuerten Zustand bereits ein Anodenruhestrom von 20 ... 30% des bei voller Ansteuerung zu erwartenden Stromes fließt. Die Ansteuerung ist so einzustellen, daß noch kein Gitterstrom auftritt. Anoden- und besonders Schirmgitterspannungen müssen stabil sein. So sollten U_a bei voller Aussteuerung um nicht mehr als 15% und U_{g2} um höchstens 5% absinken.

6.94. Was versteht man unter Modulation eines Senders, und welchen Zweck hat sie?

Die Beeinflussung einer Schwingung durch eine zeitlich veränderliche Größe heißt Modulation. In der Sendertechnik wird die zur Abstrahlung gelangende HF-Schwingung durch eine niederfrequente Schwingung oder durch ein NF-Gemisch (Sprache, Musik) moduliert. Es können sowohl die Amplitude der HF als auch ihre Frequenz oder Phase durch die Niederfrequenz verändert werden. Die Tastung des Senders ist eine

Amplitudenmodulation mit der Tastfrequenz. Die Modulation hat den Zweck, eine Nachrichtenübermittlung zu ermöglichen.

6.95. Wodurch unterscheiden sich Amplituden- und Frequenzmodulation?

Bei der Amplitudenmodulation ändert sich in Übereinstimmung mit dem zu übertragenden Ton die Amplitude der vom Sender ausgestrahlten HF-Schwingung (f_0) — Bild 6.20. Die modulierte Schwingung besteht aus der Trägerfrequenz (f_0) sowie aus einer oberen und unteren Seitenschwingung, deren Frequenzen um die modulierende NF (f_m) größer bzw. kleiner sind als die Trägerfrequenz (Bild 6.21). Wird ein NF-Band (z. B. 200 bis 3000 Hz) einer HF-Schwingung von z. B. 3600 kHz aufmoduliert, dann entstehen neben der Trägerfrequenz Seitenbänder (Bild 6.22).
Bei der Frequenzmodulation ändert sich unter der Wirkung der modulierenden NF die Frequenz der Trägerschwingung, während ihre Amplitude konstant bleibt. Diese Frequenzverschiebung, die man Frequenzhub nennt, ist proportional der niederfrequenten Lautstärke (Bild 6.23).

6.96. Wie kann ein Sender in der Amplitude moduliert werden?

Die Amplitudenmodulation kann in jeder Senderstufe und an jeder Röhrenelektrode durchgeführt werden. Dementsprechend gibt es Steuergitter-, Schirmgitter-, Bremsgitter-, Katoden- und Anodenmodulation sowie Kombinationen aus ihnen. Meist wird in der PA moduliert. Erfolgt die Modulation in einer vor der PA liegenden Stufe, so spricht man von Vorstufenmodulation. Da die Vorstufenmodulation einen schlechten Wirkungsgrad hat, findet sie im Amateursender kaum Anwendung.

6.97. Was ist hinsichtlich der BCI- und TVI-Sicherheit von den einzelnen Modulationsarten zu sagen?

Während alle Amplitudenmodulationsarten mit Träger sehr leicht zu BCI- und TVI-Störungen, besonders in einfachen, wenig trennscharfen Empfangsgeräten führen, tritt dieser

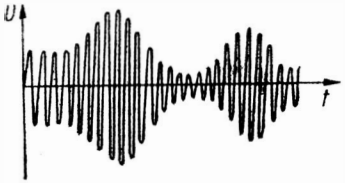


Bild 6.20 Amplitudenmodulierte HF-Schwingung

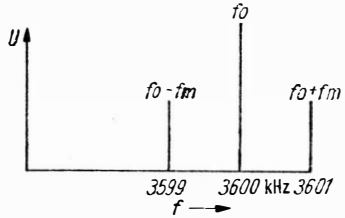


Bild 6.21 Träger- und Seitenfrequenzen bei AM
(HF: 3600 kHz, NF: 1 kHz)

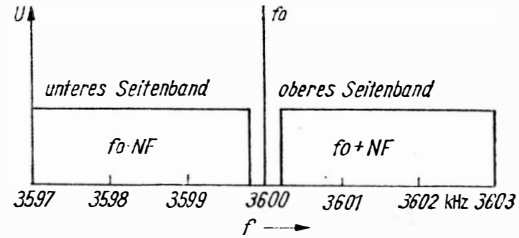


Bild 6.22 Trägerfrequenz und Seitenbänder bei AM
(HF: 3600 kHz, NF: 200 ... 3000 kHz)

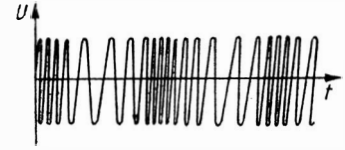


Bild 6.23 Frequenzmodulierte Schwingung

Nachteil bei Anwendung der Frequenzmodulation in weit geringerem Maße in Erscheinung.
Die günstigsten Eigenschaften weist die Einseitenbandmodulation mit vermindertem bzw. unterdrücktem Träger auf.

6.98. Was versteht man unter Modulationsgrad?

Mit Modulationsgrad m bezeichnet man das bei der Amplitudenmodulation auftretende Verhältnis der Amplitude der niederfrequenten Modulationsspannung (U_m) zur Amplitude der hochfrequenten Trägerschwingung (U_{tr}). Dabei wird m meist in Prozent angegeben $m = \frac{U_m}{U_{tr}} \cdot 100\%$. Bei Auswertung des Schirmbilds einer Katodenstrahlröhre können die Spannungskomponenten U_m und U_{tr} nicht mehr erkannt werden. Darum muß man zur Errechnung des Modulationsgrades die auf dem Schirmbild abmeßbaren maximalen und minimalen Katodenstrahlauslenkungen (HF_{max} und HF_{min}) der Rechnung zugrunde legen (Bild 6.24);

$$m = \frac{HF_{max} - HF_{min}}{HF_{max} + HF_{min}} \cdot 100\% \text{ oder } m = \frac{a + b}{a - b} \cdot 100\% .$$

Bei der Frequenzmodulation kann der Begriff des Modulationsgrades nicht angewendet werden. Zur Charakterisierung der Frequenzmodulation wurden die Begriffe Modulationsindex und Frequenzhub eingeführt.

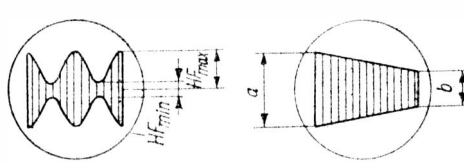


Bild 6.24 Oszillogramme eines AM-Signals

6.99. Was versteht man unter Übermodulation, und wie wirkt sie sich aus?

Wenn U_m größer als U_{tr} wird, spricht man von Übermodulation. Dabei nimmt die Amplitude der HF-Schwingung um mehr als das Doppelte gegenüber dem unmodulierten Zustand zu. Da sie sich um den gleichen Betrag aber nicht vermindern kann, wird ein Teil der Trägerschwingung einfach abgeschnitten (Bild 6.25). Die Folge davon sind Verzerrungen und sogenanntes Splatter, die benachbarte QSOs stören, die Verständlichkeit vermindern und erhebliches BCI und TVI erzeugen.

6.100. Wie muß die PA-Stufe für Gittermodulationsarten eingestellt werden?

Bei allen Gittermodulationen muß die Betriebsspannung des Gitters, an dem moduliert wird, so weit vermindert werden, daß bei Ansteuerung der PA mit der HF nur noch 1/2 Anodenstrom gegenüber dem Telegrafiebetrieb (Oberstricheinstellung) fließt. Damit wird der Input ebenfalls halb so groß. Das gleiche trifft für den Antennenstrom zu. Die abgestrahlte HF-Leistung ist jedoch auf 1/4 zurückgegangen. Diese Einstellung bezeichnet man als Mittelstricheinstellung.

6.101. Welche Bandbreite beansprucht ein amplitudenmodulierter Sender in der Sendeart A3?

Die Bandbreite ist gleich der doppelten maximalen Modulationsfrequenz. Bei einem zu übertragenden Frequenzband bis

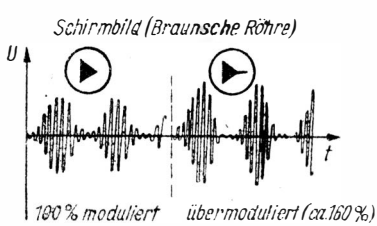


Bild 6.25 Schirmbild und Schwingungsverlauf eines Signals mit 100 % Modulationsgrad und bei Übermodulation

4 kHz beträgt die Bandbreite 8 kHz. Es ist deshalb sinnvoll, durch Beschneidung des NF-Spektrums die Bandbreite so klein wie möglich zu machen. Die ohnehin sehr schmalen Amateurbänder können dadurch besser ausgenutzt werden. Selbst bei einer Begrenzung auf 2000 Hz ist noch einwandfrei verständliche Sprachübertragung möglich; der individuelle Sprachcharakter geht mit fortschreitender Begrenzung natürlich immer mehr verloren.

6.102.* Wie erfolgt die Sprachbandbegrenzung?

Die Sprachbandbegrenzung erreicht man durch entsprechende Schaltungstechnik des Modulators. Durch kleine Kopplungskondensatoren zwischen den NF-Stufen (etwa 500 pF) werden die tiefen Frequenzen benachteiligt. Durch Gitterableitkondensatoren in der Größenordnung 300 bis 1000 pF kann man die hohen Frequenzen beschneiden. Wirkungsvoller, aber auch schwieriger im Aufbau sind sogenannte Bandpässe.

6.103.* Was versteht man unter Clippen?

Die Amplituden der einzelnen Laute der Sprache sind sehr unterschiedlich, so daß nur bei den lautesten Sprachstellen der Sender voll ausmoduliert wird. Um einen konstanten, bei 100% liegenden Modulationsgrad zu erhalten, baut man in den Modulationsverstärker einen Begrenzer oder Clipper ein. Dieser bewirkt, daß unabhängig von der Lautstärke immer die gleiche Modulationsspannung zur Verfügung steht. Dem Clipper ist unbedingt ein Tiefpaßfilter nachzuschalten, damit der starke Oberwellengehalt der geclippten NF beseitigt wird. Unterläßt man diese Maßnahme, so sind starke Verzerrungen und übermäßige Bandbreite unvermeidlich.

6.104.* Schaltungstechnik und Einstellung der Anodenschirmgittermodulation sind zu erklären!

Bei Anodenschirmgittermodulation wird der Ausgangsübertrager des NF-Verstärkers in die Anodenspannungsleitung der PA geschaltet. PA-Röhre, Modulationsübertrager und Hochspannungsquelle liegen damit in Reihe; die Modulationsspan-

nung addiert sich zur Anodengleichspannung. Die PA-Röhre stellt man genauso ein wie bei Telegrafiebetrieb (Oberstricheinstellung). Eine Leistungsverminderung wie bei allen Gittermodulationsarten tritt nicht auf. Es ist zu beachten, daß das Schirmgitter der PA-Röhre mitmoduliert wird.

6.105.* Welche Aufgabe erfüllt ein in manche Modulationsverstärker eingebauter Dynamikbegrenzer, und wie arbeitet er?

Durch einen Dynamikbegrenzer oder -kompressor wird die Dynamik, das ist das Verhältnis zwischen leisesten und lautesten Stellen der Sprache, eingeengt. Die Wirkung entspricht also der eines Clippers. Die Schaltungstechnik ähnelt der aus der Empfängertechnik bekannten Schwundregelschaltung.

6.106.* In welcher Senderstufe wird die Schmalbandfrequenzmodulation (NBFM) vorgenommen?

Die NBFM kann nur am Oszillator durchgeführt werden. Der Oszillatorschwingkreis wird durch eine besondere Impedanzröhren- oder Diodenschaltung, die der Modulationsverstärker steuert, im Takt der Niederfrequenz verstimmt. Ähnlich arbeitet die Phasenmodulation. Ihre Wirkung ist die gleiche wie bei NBFM; im Empfänger können beide Modulationsarten nicht voneinander unterschieden werden. Vorteilhaft ist die Tatsache, daß die Phasenmodulation in einer dem Oszillator folgenden Stufe durchgeführt wird. Dadurch bleibt die Frequenzkonstanz des Oszillators voll erhalten.

6.107. Was versteht man unter dem Modulationsindex?

Der Modulationsindex beeinflußt die Bandbreite eines frequenzmodulierten Senders. Er wird als das Verhältnis von Frequenzhub zur maximalen Modulationsfrequenz definiert. Ist z. B. die höchste Modulationsfrequenz 3 kHz und der eingestellte Frequenzhub gleich 2 kHz, so ergibt sich der Modulationsindex zu $\Delta\Phi = \frac{F}{nf} = \frac{2\,kHz}{3\,kHz} = 0{,}67$.

Der Gesetzgeber schreibt einen Modulationsindex von $\leqq 1$ vor.

6.108. Was wissen Sie über die beanspruchte Bandbreite eines frequenzmodulierten Senders?

Bei der Frequenzmodulation hängt die Bandbreite außer von der höchsten Modulationsfrequenz noch vom Modulationsindex ab. Je größer dieser ist, desto größer wird auch die Bandbreite.

6.109. Was kann man über den notwendigen NF-Leistungsbedarf für NBFM, Gitter 1-, Gitter 3-, Gitter 2- und Anodenmodulation sagen?

Die NF-Leistung ist bei NBFM, G1- und G3-Modulation theoretisch 0. Praktisch sind 0,5 bis 1 W nötig, um die Übertragungsverluste zu decken. Bei G2-Modulation muß die NF-Leistung etwa der Verlustleistung des Schirmgitters entsprechen. Die Anodenmodulation erfordert eine NF-Leistung, die gleich der Hälfte des Inputs ist.

6.110. Was wissen Sie über den Wirkungsgrad obengenannter Modulationsarten?

Bei der Anodenmodulation ist der Wirkungsgrad am größten; er beträgt etwa 70 bis 75%. Alle Gittermodulationen haben nur einen Wirkungsgrad von höchstens 35%. Damit stecken in einem Seitenband bei der Anodenmodulation günstigstenfalls 25% und bei Gittermodulation bestenfalls 5% der Gesamtleistung, die über die Antenne abgestrahlt wird.

6.111. Die Eigenschaften und die Vorzüge des ESB-Betriebs sind aufzuzählen.

ESB-Modulation (Einseitenbandmodulation) bzw. SSB-(single-side-band) ist eine Sendeart, bei der nur ein Seitenband ausgestrahlt wird. Das zweite Seitenband und der Träger werden durch geeignete schaltungstechnische Maßnahmen unterdrückt. ESB hat den Vorzug, weniger als die halbe Bandbreite eines A3-Senders einzunehmen. In einem gegebenen Frequenzbereich können deshalb doppelt soviel Stationen störungsfrei arbeiten, als dies mit Zweiseitenbandsendern

möglich ist. Interferenzstörungen durch die Trägerwelle entfallen. Die gesamte Sendeleistung steckt in dem abgestrahlten Seitenband, was einer Leistungsverbesserung um das 4fache gegenüber einem gleichstarken, 100%ig modulierten A3-Sender entspricht. Der Modulationsverstärker braucht keine Leistung abzugeben. Die genannten Eigenschaften und Vorteile haben dazu geführt, daß ebenso wie im kommerziellen Funkdienst auch im internationalen Amateurfunkverkehr der Telefoniebetrieb fast ausschließlich mit der ESB-Modulation durchgeführt wird, obwohl der technische Aufwand im Sender erheblich größer als bei A3-Einrichtungen ist. Auch die Empfängerkonzeption ist wesentlich beeinflußt und komplizierter geworden.

6.112. Die drei wichtigsten Mikrofonarten sind zu nennen und ihre Eigenschaften zu erläutern.

In der Amateurpraxis sind das Kohlemikrofon, das Kristallmikrofon und das dynamische Mikrofon gebräuchlich.

Kohlemikrofon: Widerstandsänderung durch die auftreffenden Schallschwingungen; es liefert eine große NF-Wechselspannung; die Klangqualität hat telefonartigen Charakter; es benötigt eine Betriebsgleichspannung von 2 ... 6 V.

Kristallmikrofon: Es wird der piezoelektrische Effekt ausgenutzt; die Klangqualität ist gut; das Mikrofon hat einen sehr großen Innenwiderstand.

Dynamisches Mikrofon (Tauchspulmikrofon): Aufbau ähnlich wie ein dynamischer Lautsprecher; die Schallschwingungen werden durch Induktion in eine äquivalente Wechselspannung umgewandelt; die Klangqualität ist sehr gut, die abgegebene Wechselspannung aber verhältnismäßig klein.

6.113.* Was ist beim Anschluß der in Aufgabe 6.112. genannten Mikrofontypen an einen Verstärker zu beachten?

Zur maximalen Leistungsübertragung und um Beeinflussungen des Frequenzgangs zu vermeiden, muß das Mikrofon an den Verstärkereingang angepaßt werden.

Kohle- und dynamische Mikrofone haben einen kleinen Innenwiderstand (100 ... 2000 Ω). Die Anpassung muß gegebenen-

falls durch einen gegen magnetische und hochfrequente Felder abgeschirmten Übertrager vorgenommen werden.
Kristallmikrofone haben einen in der Größenordnung einiger Megaohm liegenden Innenwiderstand mit kapazitiver Komponente (einige Nanofarad). Sie erfordern deshalb einen großen Eingangswiderstand des Verstärkers (Röhre oder Transistor in Bootstrapschaltung oder FET-Eingangsstufe).

7. UKW- und Dezitechnik

7.1.* Welche Unterschiede bestehen hinsichtlich der Dimensionierung der Schwingkreise in der UKW- und KW-Technik?

Wegen der hohen Frequenzen ergeben sich sehr kleine Schwingkreiswerte, so daß vielfach nicht mit konzentrierten Spulen und Kondensatoren gearbeitet werden kann. Man verwendet deshalb Lecher-Systeme und im Dezibereich vorzugsweise Topfkreise.

7.2. Wie werden die Wechselströme mit so hohen Frequenzen (144 bzw. 435 MHz) erzeugt?

Die Erzeugung erfolgt durch Vervielfachung einer niedrigeren Frequenz in fremdgesteuerten Sendern. Selbsterregte Sender haben allenfalls noch in kleinen, tragbaren, leistungsschwachen Geräten geringe Bedeutung. Ihre Frequenzkonstanz ist unbefriedigend.

7.3. Erläutern Sie Vor- und Nachteile von UKW-Sendern mit a) quarzstabilisiertem, b) frequenzvariablem Oszillator!

a) Mit relativ geringem Aufwand läßt sich ein frequenzstabiles Signal erzeugen. Der Nachteil besteht darin, daß nur auf einer bzw. auf mehreren schaltbaren Frequenzen Betrieb möglich ist (Quarzsteuerung).

b) Der VFO/VFX-Betrieb erfordert einen höheren technischen Aufwand, um ausreichende Frequenzkonstanz zu erzielen. Von Vorteil ist, daß sich jede beliebige Sendefrequenz innerhalb der Bandgrenzen einstellen läßt.

7.4. Welche Arten von Empfängern werden im UKW-Bereich verwendet, und was ist über das gesamte Empfängerproblem zu sagen?

Geradeausempfänger werden kaum angewendet. Nur zur

Überbrückung kleiner Entfernungen hat das Audion mit Pendelrückkopplung noch eine begrenzte Bedeutung. Zur Verhinderung starker Störstrahlungen muß es eine HF-Vorstufe aufweisen.

Bei Vorhandensein eines guten KW-Stationsempfängers kann man diesem einen Konverter vorschalten und ihn auch auf UKW nutzen. Die gesamte Empfangseinrichtung arbeitet dann als Doppelsuperhet bzw. als Dreifachsuperhet, wenn der Stationsempfänger selbst bereits ein Doppelsuperhet ist. Dem Oszillator des Konverters ist aus Gründen der Frequenzstabilität besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Wird er mit Quarzsteuerung ausgeführt, arbeitet der nachgeschaltete Empfänger als variabler ZF-Verstärker.

Die Verbindungsleitung zwischen Konverter und folgendem Empfängereingang muß sorgfältig abgeschirmt sein, um ein Durchschlagen von Stationen zu verhindern, die auf der im Empfänger eingestellten Frequenz arbeiten.

Die erste Stufe des UKW-Empfängers muß äußerst rauscharm sein. Man gibt deshalb Trioden den Vorzug; in modernen Geräten verwendet man Doppelgate-MOSFET.

7.5.* Es soll in kurzer Form über das Rauschen im UKW- und Dezi-Empfänger gesprochen werden! Was besagt die kTo-Zahl?

Das Eigenrauschen eines Empfängers entscheidet für seine Empfindlichkeit. Da das Rauschspektrum alle Frequenzen enthält, rauscht ein Empfänger mit kleiner Bandbreite weniger als ein Empfänger mit großer Bandbreite.

Das Rauschen setzt sich aus zwei Komponenten zusammen. Erstens aus den aus dem Weltraum stammenden Störungen, die von der Antenne aufgenommen werden; zweitens von den thermisch bedingten Schwankungen in den Bauelementen (Widerstände, Röhren, Transistoren) des Empfängers.

In den Bereichen der Lang- bis Kurzwellen überwiegt der äußere Stör- bzw. Rauschpegel. Im UKW- und Dezi-Gebiet werden die Störungen durch das Rauschen der Kreise, Röhren oder Transistoren bestimmt. Während im Lang- bis Kurzwellenbereich die Empfindlichkeit in μV angegeben wird, ist

für UKW- und Dezi-Empfänger die kTo-Zahl als Empfindlichkeitsmaß eingeführt worden. Dabei ist k eine Konstante und To die absolute Temperatur (in Kelvin); 20 °C entsprechen 273° + 20° = 293 K. Ein sehr guter, rauscharmer UKW-Empfänger liegt mit seiner Empfindlichkeit bei 2 ... 3 kTo.

7.6. Welche Sendearten werden im UKW-Bereich am häufigsten angewendet, und welche haben für den DX-Verkehr Bedeutung?

A1, A3a, F3 und für DX-besonders A1 und A3a.

7.7. Welche Polarisation wird in Europa für UKW-Antennen im Amateurfunk bevorzugt angewendet?

Bevorzugt wird horizontale Polarisation.

8. Antennen

8.1. Lassen sich als Sendeantennen bei Amateurfunkstationen beliebige Antennen verwenden, oder werden besondere Forderungen gestellt?

Es werden besondere Forderungen gestellt. Die Sendeantenne muß mit der Sendefrequenz in Resonanz sein, d. h., ihre Länge muß in einem bestimmten Verhältnis zur Sendefrequenz f bzw. zur Wellenlänge λ stehen. Prinzipiell ist es durch Abstimmittel (Induktivitäten oder Kapazitäten, z. B. mit einem Collins-Filter) möglich, mit jeder beliebigen Drahtlänge Resonanz zu erzwingen. Das sollte aber wegen des dann absinkenden Wirkungsgrads und der mangelhaften BCI- und TVI-Sicherheit vermieden werden.

8.2. Wie lang muß eine Antenne mindestens sein, damit sie in Resonanz ist?

Die Drahtlänge muß etwa gleich der halben Wellenlänge sein. Zur genauen Längenfestlegung muß ein Verkürzungsfaktor berücksichtigt werden, der sich aus der unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen im Vakuum und in metallischen Leitern ergibt.

8.3. Es gibt auch $\lambda/4$-Antennen; wie heißen sie, nnd was ist zur Resonanzforderung zu bemerken?

Die $\lambda/4$-Antenne heißt Marconi-Antenne. Diese Antenne ist über die Ankopplungsspule des Senders einseitig geerdet. Ihr Spiegelbild in der Erde wirkt als zweiter Antennenast, so daß sie ebenfalls die $\lambda/2$-Forderung erfüllt.

8.4. Wie lang ist eine Antenne, von der man sagt, sie sei in ihrer Grundwelle erregt?

Sie hat die Länge $l = \lambda/2$.

8.5. Zeichnen Sie eine Dipolantenne (Bild 8.1)!

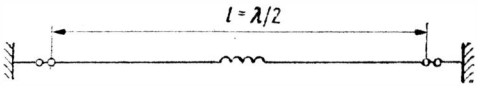


Bild 8.1 Dipolantenne

8.6. Was ist über die Länge von Empfangsantennen zu sagen?

In Resonanz befindliche Antennen ergeben gute Empfangsleistungen. Sofern keine Richtantennen verwendet werden, genügen für moderne Empfänger auch unabgestimmte, hoch angebrachte Antennen. Im UKW-Bereich sollte man jedoch die hochwertige Senderichtantenne unbedingt auch für den Empfang benutzen.

8.7. Weshalb muß die geometrische Länge eines Dipols etwas kürzer als $\lambda/2$ sein? Wie groß ist die Verkürzung?

Weil sich elektromagnetische Wellen in metallischen Leitern langsamer als im Raum ausbreiten und an den Enden der Antenne kapazitive Einflüsse wirksam sind, muß die Drahtlänge kürzer als die halbe Wellenlänge sein.
Der Verkürzungsfaktor beträgt etwa $V = 0{,}98$.

8.8.* Berechnen Sie die exakte Länge einer Drahtantenne für 14 100 kHz.

$$f = 14\,100\ \text{kHz};\ \lambda = 21{,}28\ \text{m};\ l = \frac{21{,}28}{2} \cdot 0{,}98\ \text{m} = 10{,}43\ \text{m}.$$

8.9.* Was ist hinsichtlich des Verkürzungsfaktors zu sagen, wenn Aluminiumrohr zum Bau der Antenne verwendet wird?

Der Verkürzungsfaktor ist vom Verhältnis der Wellenlänge zum Rohrdurchmesser abhängig. Je dicker das Rohr, desto kleiner wird der Verkürzungsfaktor. Die Fachliteratur enthält Kurvenblätter oder Tabellen zur Ermittlung des Verkürzungsfaktors.

8.10. Die Bezeichnungen einiger im Amateurfunk üblichen Formen von Sendeantennen sind zu nennen!

Zeppelin-, Fuchs-, Windom-Antenne, Groundplane-Antenne, Cubical-Quad, Mehrbandantenne W 3 DZZ.

8.11. Erläutere den Aufbau einer Fuchs-Antenne für das 80-m-Band!

Für f = 3650 kHz ist $\lambda = 82{,}2$ m und unter Berücksichtigung des Verkürzungsfaktors $V = 0{,}98$ (siehe Aufgabe 8.7. und Aufgabe 8.8.) wird $l = 40{,}3$ m (Bild 8.2).

Im Antennenkreis, dem Fuchs-Kreis, fließt auch bei kleiner Sendeleistung ein großer Strom. Deshalb ist für die Spule dicker, möglichst versilberter Draht erforderlich. Den Fuchs-Kreis muß man verlustarm aufbauen. Es sind also auch geeignete Kondensatoren und Isolierstoffe zu verwenden.

Der Strahler darf in einem stumpfen Winkel geknickt sein. Der abgeknickte Teil, die Ableitung, muß im Verhältnis zur Strahlerlänge kurz sein.

8.12. Welchen Zweck haben Speiseleitungen? Welche Arten gibt es, und wie sind sie aufgebaut?

Sie haben den Zweck, die vom Sender gelieferte hochfrequente Leistung möglichst verlustarm zur Antenne zu transportieren. Sie müssen so beschaffen sein, daß sie selbst nicht strahlen. Man unterscheidet zwei Arten:

a) Abgestimmte Speiseleitungen, auf denen sich stehende Wellen ausbilden.

b) Unabgestimmte Speiseleitungen, die man auch Wanderwellenleitungen nennt.

Die geometrische Länge abgestimmter Speiseleitungen steht in einem bestimmten Verhältnis zur Betriebswellenlänge.

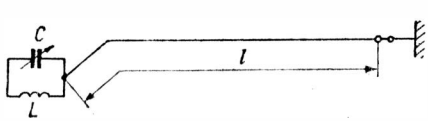


Bild 8.2 Fuchs-Antenne

Unabgestimmte Speiseleitungen dürfen beliebig lang sein; jedoch muß der Wellenwiderstand der Leitung gleich dem Fußpunktwiderstand der Antenne sein.

Abgestimmte Speiseleitungen sind meist symmetrisch aufgebaut (Zweidrahtleitungen); unabgestimmte Leitungen findet man sowohl in symmetrischer (Bandleitungen) als auch in unsymmetrischer Ausführung (Koaxialkabel).

8.13. Was ist über die Verteilung von Strom und Spannung auf einer Antenne zu sagen?

Die Strom- und Spannungsamplituden sind nicht an jeder Stelle der Antenne gleich. Ihre Größe ändert sich nach einer Sinus- bzw. Cosinusfunktion. Als Merkregel gilt:

Am Ende der Antenne befindet sich immer ein Stromknoten (der Strom ist dort 0, weil keine Bewegung der Ladungsträger stattfindet). Dafür erreicht die Spannung am Antennenende ein Maximum (Spannungsbauch).

8.14. Kann eine Antenne nur auf ihrer Grundwelle erregt werden, oder gibt es noch andere Möglichkeiten?

Die Verwendung der Antenne für höhere Frequenzen ist möglich, sofern diese ein ganzzahliges Vielfaches der Grundfrequenz sind. Man spricht dann von einer Erregung in den Harmonischen. Eine für das 80-m-Band bemessene Antenne arbeitet also auch auf 40-, 20-, 15- und 10-m-Band.

8.15.* Erläutern Sie den Aufbau einer Zeppelin-Antenne für alle KW-Amateurbänder mit optimaler Dimensionierung für 14,15 MHz!

Die Antenne muß mindestens 40 m lang sein ($\lambda/2$ von 80 m). Für den Betrieb auf 20 m treten 4 Halbwellen auf der Antenne auf ($n = 4$). Eine Antennenberechnungsformel für diese Fälle lautet

$$l = \frac{n - 0{,}05}{f} \cdot 150;$$

in m, f in MHz.

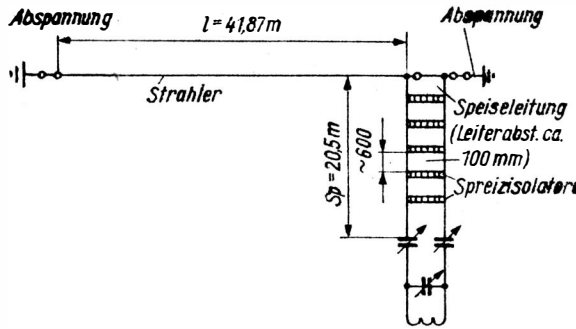


Bild 8.3 Allband-Zeppelin-Antenne

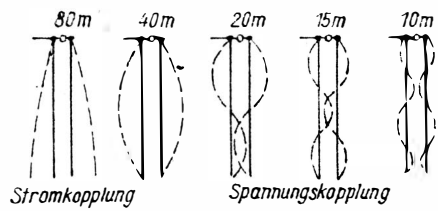


Bild 8.4 Stromverteilung auf der Speiseleitung einer Allband-Zeppelin-Antenne mit unterschiedlichen Wellenlängen

Für den gegebenen Fall erhält man

$$l = \frac{4 - 0{,}05}{14{,}15} \cdot 150 \text{ m} = 41{,}87 \text{ m}.$$

Die kürzeste zulässige Speiseleitung ist $\lambda/4$ von 82,2 m, das sind 20,5 m.

Der Aufbau ist aus Bild 8.3, die Stromverteilung auf der Speiseleitung auf den 5 Amateurbändern aus Bild 8.4 zu ersehen.

8.16. Der Aufbau einer Windom-Antenne für das 20-m-Band ist zu skizzieren und ihre Dimensionierung zu erläutern!

Die Strahlerlänge errechnet sich nach Aufgabe 8.8. Der Speisepunkt soll bei etwa $\lambda/6$ von einem Ende entfernt liegen. Dort

ist der Fußpunktwiderstand der Antenne gleich dem Wellenwiderstand einer Eindrahtspeiseleitung (etwa 600 Ω).

8.17. Erläutern Sie die W3DZZ-Antenne!

Die W3DZZ ist ein Allbanddipol. Ihr hervorstechendstes Konstruktionsmerkmal sind die in den Leiterzug eingefügten Parallelschwingkreise, die traps (engl.: trap = Falle).
Der Strahler arbeitet auf 80 m als Halbwellendipol, wobei die Induktivitäten der traps (L1 und L2) als Verlängerungsspulen wirken. Da die Resonanzfrequenz der beiden Schwingkreise auf 7050 kHz eingestellt wird, wirken diese bei Betrieb auf 40 m als Sperrkreise. Im 20-m-Band arbeiten C1 und C2 als Verkürzungskondensatoren, und im 15-m- und 10-m-Band sind L1 und L2 wieder als Verlängerungsspulen wirksam. Diese Wirkungen ergeben sich aus der geschickten Dimensionierung der Induktivitäts- und Kapazitätswerte.
An die Schwingkreise werden hohe Anforderungen hinsichtlich Güte, Temperaturkonstanz und Spannungsfestigkeit gestellt. Der Fußpunktwiderstand liegt bei etwa 120 Ω. Die häufig angewendete Speisung mit einem 60-Ω-Kabel ergibt eine Fehlanpassung, das Stehwellenverhältnis liegt aber noch unter 1:2 (Bild 8.5).

8.18.* Was versteht man unter dem Wellenwiderstand einer Leitung?

Der Wellenwiderstand Z einer Leitung ist eine elektrische Rechengröße:

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}} \cdot$$

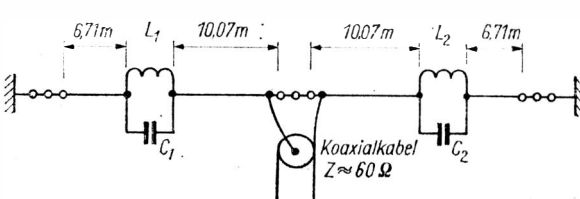


Bild 8.5 W3DZZ-Antenne (Allband-Dipol)

Z hängt nur von der Induktivität und der Kapazität je Längeneinheit ab. Die Arbeitsfrequenz und die Leitungslänge haben keinen Einfluß auf den Wellenwiderstand.
Bandleitungen haben meist einen Wellenwiderstand von 240 ... 300 Ω. Koaxialkabel werden für Z = 50 Ω, 60 Ω und 75 Ω gefertigt. Auch einzelne Drähte haben einen Wellenwiderstand (etwa 600 Ω); in diesem Fall wirkt die Erde als zweiter Leiter.

8.19.* Erklären Sie den Begriff der Anpassung, speziell bezogen auf Antennen mit Wanderwellen-Speiseleitungen!

Unter Anpassung versteht man die Übereinstimmung der Wellenwiderstände von Senderausgang, Speiseleitung und Antennenfußpunkt. Im Anpassungsfall erfolgt maximale Leistungsübertragung. Wird das nicht beachtet, so bilden sich durch Reflexion an den nicht übereinstimmenden Abschlußwiderständen stehende Wellen aus, die nicht nur zu erheblichen Verlusten führen, sondern auch die BCI- und TVI-Gefahr erhöhen.

8.20. Was versteht man unter dem Stehwellenverhältnis?

Unter dem Stehwellenverhältnis (SWV oder engl.: SWR) versteht man eine Verhältniszahl, die Aufschluß über den Grad bzw. die Güte der Anpassung gibt. Bei Fehlanpassung sind Strom- und Spannungswerte längs der Speiseleitung nicht konstant. Die auftretenden Spannungsmaxima und -minima werden in geeigneter Weise gemessen und zueinander ins Verhältnis gesetzt.
Ein SWV von 1:1 sollte angestrebt werden, 1:2 ist noch tragbar.

8.21. Was versteht man unter dem Strahlungsdiagramm einer Antenne?

Das Strahlungsdiagramm einer Antenne gibt an, mit welcher Stärke bzw. welchen Anteilen die zugeführte Sendeenergie in die unterschiedlichen Richtungen des Raumes abgestrahlt wird. Das Diagramm stellt also ein Polarkoordinatendia-

gramm dar, bei dem die relative Strahlungsenergie in Abhängigkeit vom Winkel aufgetragen ist.
Man unterscheidet ein horizontales und ein vertikales Strahlungsdiagramm.

8.22. Kann das Strahlungsdiagramm durch die Abmessungen oder die Formgebung der Antenne beeinflußt werden?

Ja, das ist möglich und immer der Fall.
Das Strahlungsdiagramm einer Linearantenne wird vom Verhältnis der Wellenlänge zur Antennenlänge bestimmt.
Der $\lambda/2$-Dipol hat ein horizontales Strahlungsdiagramm nach Bild 8.6. Die Hauptstrahlrichtung liegt senkrecht zur Antenne. Das Diagramm ändert sich, wenn der Dipol in den Oberwellen erregt wird. Je höher die Ordnungszahl der Oberwelle, desto mehr verschiebt sich das Strahlungsmaximum in Richtung des Antennenleiters. Es bilden sich Strahlungskeulen aus (Bild 8.7).

8.23. Welche Form soll das vertikale Strahlungsdiagramm einer Antenne haben, die für den DX-Verkehr vorgesehen ist?

DX-Antennen sollen ebenso wie UKW-Antennen sehr flach abstrahlen; der vertikale Strahlungswinkel muß also möglichst

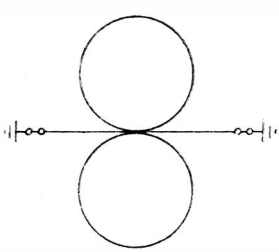


Bild 8.6
Horizontales Strahlungsdiagramm eines $\lambda/2$-Dipols

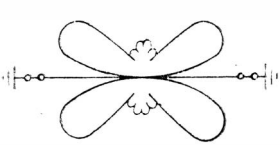


Bild 8.7
Strahlungsdiagramm einer Antenne von $l = 5\ \lambda$

klein sein. Der Idealfall für UKW ist eine Abstrahlung tangential zur Erdoberfläche. Der günstigste vertikale Abstrahlwinkel für KW ist abhängig von der Sendefrequenz.

8.24. Welche Materialien verwendet man zweckmäßig für den Antennenleiter, die Isolatoren und die Einführung?

Antennenleiter: Kupfer- oder Bronzelitze oder am besten Kupferdraht von 1 ... 2 mm Durchmesser, isoliert oder blank.
Isolatoren: Eierketten aus 3 ... 5 Porzellanisolatoren oder 2 ... 3 Calitknochen.
Durchführungen: Keramikrohre.
Lange Abspannungen: Sie sind durch Isoliereier in voneinander isolierte Teilstücke zu unterteilen, die kürzer als ein Viertel der kürzesten Betriebswellenlänge sein müssen.

8.25. Welche Maßnahmen sind zur Blitzerdung der Antenne erforderlich?

Alle außerhalb des Hauses montierten Antennen sind mit einem Überspannungsableiter auszurüsten. Am geeignetsten ist ein stabiler Erdschalter. Automatische Blitzschutzeinrichtungen mit Glimmstrecken (Feinschutz) sind ungeeignet, weil die Glimmstrecke im Sendebetrieb zündet und HF-Energie nach Erde ableitet.
Metallische Maste müssen wie Blitzableiter geerdet sein. Holzmaste sind mit einem mindestens 3 mm starken verzinkten Eisendraht als Erdleitung zu versehen, der längs des Mastes zu führen ist.

8.26. Welchen Antennen ist aus Gründen der TVI- und BCI-Sicherheit der Vorzug zu geben?

Alle stromgespeisten, also niederohmig angepaßten Antennen sind den spannungsgespeisten vorzuziehen. Ihr Strahlungseinfluß auf die unmittelbare Umgebung, vor allem auf das Energieversorgungsnetz, ist wesentlich geringer.

8.27. Nennen Sie die gebräuchlichsten Formen von Richtantennen, die im Amateurfunk verwendet werden!

Yagi-Antennen mit 2 bis 12 und teilweise noch mehr Elementen, bei UKW auch Yagi-Gruppenantennen.

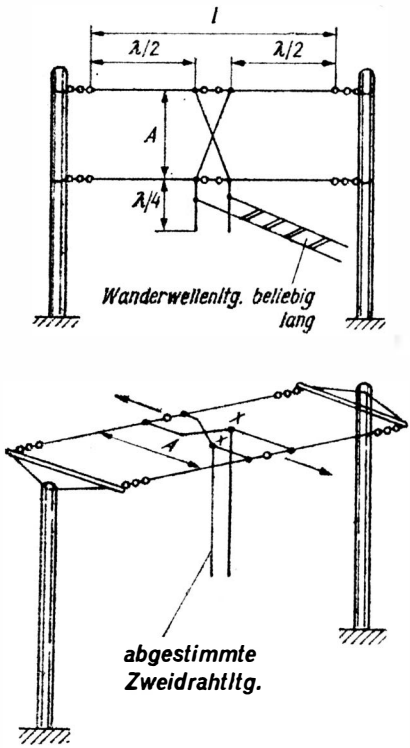


Bild 8.8
Prinzipaufbau einer Lazy-H- und einer W8JK-Antenne

Cubical Quad, W8JK-Antennen, Lazy-H-Antenne („Fauler Heinrich"), ZL-Antenne; W8JK- und Lazy-H-Antenne siehe Bild 8.8.

8.28. Was versteht man unter einer Rahmenantenne?

Die Rahmenantenne ist im Prinzip die Spule eines Schwingkreises. Mit ihr wird die magnetische Komponente des elektromagnetischen Feldes ausgenutzt. Damit ist eine Richtungsbestimmung für den empfangenen Sender möglich. Bei Einstellung auf Lautstärkeminimum liegt der Sender senkrecht zur Rahmenebene. Die Rahmenantenne kann deshalb für Peilempfänger verwendet werden.

9.* Meßtechnik

9.1. Wie werden Strom- und Spannungsmesser in einen einfachen, unverzweigten Stromkreis eingeschaltet?

Spannungsmesser werden parallel zu dem Teil des Stromkreises geschaltet, an dem man die anliegende Spannung messen will. Strommesser werden in den Stromkreis eingeschaltet. Um den Einfluß der Meßinstrumente auf die zu messenden Größen gering zu halten, müssen Spannungsmesser einen großen Innenwiderstand, Strommesser einen kleinen Innenwiderstand haben (Bild 9.1).

9.2. In welcher Weise wird a) bei Spannungs-, b) bei Strommessern eine Meßbereicherweiterung vorgenommen?

Dem Spannungsmesser werden zur Meßbereicherweiterung Widerstände vorgeschaltet (Anwendung des Spannungsteilerprinzips). Die Meßbereicherweiterung bei Strommessern erfolgt durch Parallelschaltung von Widerständen (Anwendung der Stromteilerregel).

9.3. Wie wird die Eingangsleistung (input) einer Sender-Endstufe bestimmt?

Man mißt die Speisespannung und den im abgestimmten Zustand fließenden Strom zur Ausgangselektrode der Senderendstufe bei Eintonmodulation und Vollaussteuerung. Das Produkt der gemessenen Größen entspricht der Gleichstromeingangsleistung.

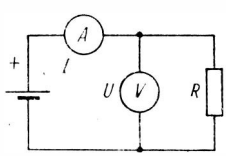


Bild 9.1
Einschaltung von Strom- und Spannungsmesser in einen Stromkreis

9.4. Nennen Sie Methoden zur Bestimmung von Widerständen!

a) Strom-Spannungs-Methode und Anwendung des Ohmschen Gesetzes.
b) Widerstandsmessung mit der Wheatstoneschen Brücke.
c) Verwendung eines speziell kalibrierten Strommessers, eines Ohmmeters.
d) Vergleich mit einem bekannten Widerstand. Der unbekannte Widerstand wird in einem mit Strommesser versehenen Stromkreis durch einen veränderlichen, im eingestellten Widerstandswert bekannten Widerstand ersetzt, so daß sich Stromgleichheit einstellt.

9.5. Welche grundsätzlichen Unterschiede weisen Drehspul- und Dreheisen-Meßwerke auf?

Drehspul-Meßwerk: Der Meßstrom durchfließt eine in einem homogenen Magnetfeld drehbar und durch Rückstellfedern gehaltene Rahmenspule. Die Rückstellfedern dienen zugleich zur Stromzuführung. Drehspulmeßwerke haben eine große Empfindlichkeit und geringen Eigenverbrauch. Wechselgrößen können nicht ohne weiteres gemessen werden.

Dreheisen-Meßwerk: Der Meßstrom durchfließt eine feststehende Spule. In ihr befindet sich, fest angebracht, ein ferromagnetischer Streifen, der den inneren Spulenumfang nur teilweise bedeckt. Ihm gegenüber ist drehbar ein zweiter ferromagnetischer Streifen mit Rückstellfeder angeordnet. Bei Stromfluß werden beide Streifen gleichnamig magnetisiert; sie stoßen einander ab. Die gleichnamige Magnetisierung tritt sowohl bei Gleich- als auch bei Wechselstrom auf. Wechselgrößen mit hohen Frequenzen (z. B. über 250 Hz) lassen sich wegen der relativ großen Induktivität der Spule nicht messen. Der Eigenverbrauch und die Empfindlichkeit sind nicht so günstig wie beim Drehspulmeßwerk.

9.6. Wie lassen sich hochfrequente Ströme und Spannungen messen?

Einem Drehspulmeßwerk muß ein Gleichrichter oder ein Thermoumformer vorgeschaltet werden. Durch den Gleich-

richter wird die Skalenteilung vor allem im Anfangsbereich zusammengedrängt. Bei Verwendung eines Thermoumformers erhält man eine quadratisch geteilte Skale.

Spezielle Meßgeräte für den genannten Zweck sind elektronische Voltmeter (Röhren- oder Transistorvoltmeter).

9.7. Was versteht man unter einem S-Meter, und wozu wird es verwendet?

Das S-Meter ist ein Drehspulmeßinstrument, das im Amateurempfänger zur relativen Anzeige der Empfangsfeldstärke dient. Die Anzeigespannung wird häufig von der Regelspannung abgeleitet. Die Kalibrierung erfolgt in den S-Stufen (S1 bis S9 und zusätzlichen Angaben in dB über S9).

9.8. Wozu benötigt der Amateur einen Stehwellenmesser?

Mit dem Stehwellenmesser kontrolliert der Amateur die Anpassung der Sender-Endstufe an die Antenne bzw. die Speiseleitung. Im Prinzip werden die auf der Speiseleitung hin- und zurücklaufenden Wellen miteinander verglichen. Es werden also zwei Spannungsmessungen durchgeführt. Das Stehwellenverhältnis ergibt sich als Quotient aus dem Maximalwert und dem Minimalwert der Spannungsmessungen.

9.9. Wozu kann der Amateur einen Oszillografen einsetzen?

- Prüfung der Form von Schwingungen bzw. Wechselspannungen;
- Abschätzung der Frequenz von NF-Generatoren;
- Kontrolle des Modulationsgrades bei AM, Kontrolle der Qualität des ESB-Signals.

9.10. Wie ist es dem Funkamateur möglich, das Einhalten der Störstrahlungsbedingungen seines Senders abzuschätzen

Meist ist ein Leistungsverhältnis $1:10^{-4}$, entsprechend einem Spannungsverhältnis (Feldstärke) von 1:100, zu kontrollieren. Diese Kontrollmessung ist mit einem Amateurempfänger, der über ein kalibriertes S-Meter verfügt, möglich.

9.11. Was ist bei der Prüfung eines Erders hinsichtlich seiner Eignung zu beachten?

Maßgebend ist die TGL 200-0603. Neben einer mechanischen und einer Sichtprüfung ist eine elektrische Prüfung vorgeschrieben. Zur Messung des Erdübergangswiderstands sind folgende Verfahren zugelassen:

Messung mit Wechselstrombrücke, Messung nach der Strom-Spannungs-Methode und Messung nach der Strom-Leistungs-Methode.

9.12. Welche Frequenzmesser-Typen sind Ihnen bekannt, und wie ist ihre Arbeitsweise?

Es gibt aktive und passive Frequenzmesser. Passive Frequenzmesser bestehen lediglich aus einem einstellbaren Schwingkreis, an dessen Skale die Resonanzfrequenz abgelesen werden kann. Sie entziehen die zur Resonanzanzeige notwendige Energie der zu messenden Quelle; sie heißen deshalb Absorptionsfrequenzmesser.

Aktive Frequenzmesser enthalten einen frequenzvariablen Oszillator mit einer Skale, an der die eingestellte Oszillatorfrequenz abgelesen werden kann. In einer eingebauten Mischschaltung werden die zu messende Frequenz und die Oszillatorfrequenz miteinander verglichen. Im Fall völliger Übereinstimmung der beiden Frequenzen ergibt sich Schwebungsnull, was sich durch einen Indikator (Zeigerinstrument) sichtbar machen läßt.

Mit digitalen Frequenzmeßeinrichtungen, die dem Amateur aber in den seltensten Fällen zur Verfügung stehen dürften, läßt sich höchste Genauigkeit erreichen.

Bei Eigenbau besteht für Absorptionsfrequenzmesser eine Meßunsicherheit von 1 ... 5%, für Interferenzfrequenzmesser von $5 \cdot 10^{-4}$ ... $1 \cdot 10^{-4}$.

9.13. Welche technischen Anforderungen sind an einen Interferenzfrequenzmesser zu stellen?

Das Gerät muß mechanisch und elektrisch äußerst stabil aufgebaut sein. Der Drehkondensator muß spielfrei mit dem Antrieb, der eine große Untersetzung haben soll, verbunden sein.

Der Zeigerweg der Skale soll im 80-m-Band ein einwandfreies Ablesen von 250 Hz noch gestatten. Durch ein eingebautes Quarznormal sollte wenigstens an einer Stelle der Skale eine Frequenzkontrolle möglich sein.

9.14. Für welche Zwecke kann man den Absorptionsfrequenzmesser einsetzen?

Für den Funkamateur ist der Absorptionsfrequenzmesser in der Kombination mit einem aktiven Frequenzmesser als „Griddipper" von Interesse. Man kann damit Frequenzen grob bestimmen, Schwingkreise vorabgleichen sowie Spulen und Kondensatoren ausmessen. Gemäß Amateurfunkordnung ist der Absorptionsfrequenzmesser als Frequenzmeßeinrichtung nicht geeignet.

9.15. Wie bestimmt man a) mit Absorptionsfrequenzmesser, b) mit Interferenzfrequenzmesser die Sendefrequenz?

a) Die Spule des Saugkreises wird mit dem PA-Kreis lose gekoppelt und der Drehkondensator langsam durchgedreht. Im Resonanzfall entzieht der Absorber dem zu messenden Kreis Energie, die einen mit dem Absorber verbundenen Indikator (Zeigerinstrument oder Glühlampe) ansprechen läßt.

b) Es wird, wie in Aufgabe 9.12. bereits beschrieben, Schwebungsnull eingestellt, was sich an einem Indikator (notfalls ein Kopfhörer, mit dem sich allerdings Schwebungsfrequenzen unter etwa 30 Hz nicht mehr identifizieren lassen) feststellen läßt.
Oberwellen können unter Umständen zu Fehlmessungen führen. Es empfiehlt sich deshalb immer eine Groborientierung mit einem Absorber (Griddipper).

9.16. Wie geht die Messung der Empfangsfrequenz mit einem aktiven Frequenzmesser vor sich?

Die Empfangsfrequenz wird mit der ausgekoppelten Frequenz des Frequenzmessers überlagert und auf Schwebungsnull gebracht. Danach ist die gesuchte Frequenz an der Skale des

Frequenzmessers abzulesen. Auf Mehrdeutigkeiten durch Oberwellen ist zu achten! (siehe Aufgabe 9.15.)

9.17. Was versteht man unter einem Eichpunktgeber?

Der Eichpunktgeber ist ein quarzstabilisierter Oszillator, der eine oder auch mehrere Festfrequenzen erzeugt. Besonders geeignete Frequenzen sind 100 kHz und 3,5 MHz.
Die gewollt erzeugten Oberwellen liefern in den Amateurbändern zahlreiche Eichpunkte im jeweiligen Abstand der Quarzfrequenz. Da es nicht möglich ist, die Ordnungszahl der Oberwellen zu bestimmen, macht sich eventuell eine zusätzliche Grobmessung der Frequenz erforderlich.

9.18. Wie weit darf man sich mit der Sendefrequenz der unteren Bandgrenze im 20-m-Band nähern, wenn die Meßunsicherheit des Frequenzmessers $0{,}5 \cdot 10^{-4}$ beträgt?

Die mögliche Abweichung von der angezeigten Frequenz beträgt

$$0{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot 14\,000\ \text{kHz} = 0{,}7\ \text{kHz}.$$

Man darf sich also dem Bandanfang bis zur Frequenz 14 000,7 kHz nähern. Dabei muß man jedoch beachten, daß bei Modulation des Senders (Tastung ist ebenfalls eine Modulation!) ein Seitenband bereits außerhalb des zugelassenen Frequenzbereichs erscheint.

LEER

Literaturhinweise

Autorenkollektiv: Amateurfunk, Militärverlag der DDR, Berlin
Rothammel: Antennenbuch, Militärverlag der DDR, Berlin
Ausborn: Elektronik-Bauelemente, VEB Verlag Technik, Berlin
Lechner: Kurzwellenempfänger, Militärverlag der DDR, Berlin
FUNKAMATEUR, Militärverlag der DDR, Berlin
Broschürenreihe electronica, Militärverlag der DDR, Berlin
Gesetz über das Post- und Fernmeldewesen vom 3. 4. 1959 (PFG) — GBl. I, S. 365 —
Anordnung über den Amateurfunkdienst vom 1. 8. 1977, Amateurfunkordnung (AFuO) — GBl. I, S. 325 —
Anordnung über die Entstörungspflicht funkstörender Erzeugnisse
vom 20. 3. 1967, Funk-Entstörungsordnung (FuEO) — GBl. II, S. 169 —
Ordnung über die Erlangung und Beantragung von Amateurfunkgenehmigungen in der GST
vom 1. 9. 1970, Amateurfunk-Antragsordnung